

# Trabajo Fin de Grado

## Ingeniería Civil

### Análisis macroscópico de la movilidad en bicicleta en la ciudad de Sevilla

Autor: Blanca Ortiz de Pinedo Requerey

Tutor: Luis Miguel Romero Pérez

**Dep. Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2017





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Civil  
Intensificación en Transportes y Servicios Urbanos

# **Análisis macroscópico de la movilidad en bicicleta en la ciudad de Sevilla**

Autor:

Blanca Ortiz de Pinedo Requerey

Tutor:

Luis Miguel Romero Pérez

Profesor Asociado

Ingeniería e Infraestructura de los Transportes

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Trabajo Fin de Grado: Análisis macroscópico de la movilidad en bicicleta en la ciudad de Sevilla

Autor: Blanca Ortiz de Pinedo Requerey

Tutor: Luis Miguel Romero Pérez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

Quiero mostrar mi agradecimiento a mi tutor, Luis Miguel Romero Pérez, por guiar este Trabajo Fin de Grado y haber dedicado tanta dedicación y esfuerzo al proyecto, así como su guía en mi futuro laboral. Asimismo, me gustaría agradecer al Grupo de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la ETSI por las bases de datos e información facilitada.

Quisiera agradecer también a toda mi familia y amigos por su ayuda, por haberme apoyado durante todos estos años de universidad, en especial a mis padres y a mi hermano. Finalmente, agradezco a Carlos su apoyo incondicional y su ayuda desmedida, sin la cual no habría sido posible este proyecto.

*Blanca Ortiz de Pinedo Requerey*

*Sevilla, 2017*





En la actualidad, la bicicleta está cobrando protagonismo en Sevilla frente a los vehículos motorizados como modo de transporte. Sin embargo, los estudios que se centran en la movilidad ciclista son muy reducidos, por lo que es necesario analizar los flujos en bicicleta, de manera que se pueda avanzar en el desarrollo de este modo sostenible.

En este documento se caracteriza al usuario de bicicleta y el tipo de viajes que realiza, a partir de un proceso de encuestación. Además, se ha producido un modelo digital de la red ciclista, en el cual, mediante el programa informático TransCAD, se han ejecutado simulaciones macroscópicas de los flujos en los carriles de bicicleta.

Finalmente, se han caracterizado las zonas de transporte partiendo de aforos de contadores situados en las vías ciclistas, así como de datos extraídos del servicio de alquiler de bicicleta pública Sevici.



<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>ix</b>
<b>Índice</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xv</b>
<b>1 Objetivos y Herramientas de Trabajo</b>	<b>11</b>
1.1. <i>Objetivos del documento</i>	11
1.2. <i>Herramientas de trabajo y datos de partida</i>	11
1.3. <i>Estructuración del trabajo</i>	11
<b>2 Introducción al Modo de Transporte Bicicleta en la Ciudad de Sevilla</b>	<b>13</b>
<b>3 Proceso de Encuestación</b>	<b>17</b>
3.1. <i>Descripción de los modelos de encuesta utilizados</i>	17
3.2. <i>Descripción del proceso de encuestación</i>	17
3.3. <i>Descripción de las variables</i>	18
3.3.1 Origen y destino del trayecto	18
3.3.2 Duración del trayecto	18
3.3.3 Datos del encuestado	19
3.3.4 Tipo de bicicleta	19
3.3.5 Frecuencia de uso	19
3.3.6 Motivo del viaje	20
3.3.7 Motivo de elección de la bicicleta	20
3.3.8 Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte	20
3.3.9 Uso de otros modos de transporte en el mismo trayecto	20
3.3.10 Mejoras del modo de transporte Bicicleta	21
3.3.11 Problemas de seguridad detectados en el uso de la bicicleta	21
3.4. <i>Análisis de los resultados de las encuestas</i>	21
3.4.1 Caracterización del usuario de bicicleta	21
3.4.2 Caracterización del tipo de viaje en bicicleta	23
3.4.3 Tipo de bicicleta	24
3.4.4 Datos del encuestado	26
3.4.5 Frecuencia de uso	30
3.4.6 Motivo del viaje	31
3.4.7 Motivo de elección de la bicicleta	34
3.4.8 Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte	34
3.4.9 Uso de otros modos de transporte en el mismo trayecto	35
3.4.10 Mejoras en el modo de transporte Bicicleta	35
3.4.11 Problemas de seguridad detectados en el uso de la bicicleta	37
3.5. <i>Comparación de resultados con el modelo de encuesta de SIBUS</i>	37
<b>4 Red de Carriles Bici</b>	<b>41</b>
4.1. <i>Descripción de la red</i>	41
4.2. <i>Componentes de la red</i>	42

4.2.1	Arcos de la red	42
4.2.2	Zonificación	42
4.2.3	Nodos	43
4.2.4	Centroides	43
4.2.5	Conectores	44
4.3.	<i>Modificaciones en la red</i>	44
4.3.1	Conectividad	45
4.3.2	Origen de los arcos	45
4.3.3	Tipo de vía	47
4.3.4	Sentido de flujo de las vías ciclistas	49
4.3.5	Cota de los nodos de la red	50
4.3.6	Pendiente de los arcos de la red	52
<b>5</b>	<b>Servicio de Préstamo de Bicicleta Pública: Sevici</b>	<b>55</b>
5.1.	<i>Descripción</i>	55
5.2.	<i>Área de influencia de las estaciones de Sevici</i>	56
<b>6</b>	<b>Fuentes de Información</b>	<b>59</b>
6.1.	<i>Eco-contadores</i>	59
6.1.1	Definición	59
6.1.2	Datos	60
6.2.	<i>Estaciones de Sevici</i>	61
6.2.1	Proceso de extracción	61
<b>7</b>	<b>Comparación de Datos de Estaciones de Sevici con Datos de Eco-contadores</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>Modelización de Uso de la Bicicleta a partir de Datos de Sevici</b>	<b>67</b>
8.1.	<i>Caracterización de estaciones de Sevici</i>	67
8.1.1	Agrupación primera	73
8.1.2	Agrupación segunda	74
8.1.3	Agrupación tercera	75
8.1.4	Agrupación cuarta	76
8.1.5	Agrupación quinta	77
8.2.	<i>Caracterización de las zonas de transporte</i>	78
<b>9</b>	<b>Proceso de Asignación</b>	<b>81</b>
9.1.	<i>Tipos de asignación</i>	81
9.1.1	Método del equilibrio del usuario	81
9.1.2	Método de asignación “todo o nada” (“all or nothing”)	81
9.2.	<i>Ajuste de la matriz OD</i>	81
9.3.	<i>Análisis de la asignación de viajes</i>	83
<b>10</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>87</b>
10.1.	<i>Caracterización del usuario de bicicleta</i>	87
10.2.	<i>Caracterización de las zonas de transporte</i>	87
10.3.	<i>Asignación de viajes</i>	87
	<b>ANEXO A. Modelo de Encuesta de Trabajo realizado en la Asignatura “Planificación del Transporte”</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO B. Nuevo Modelo de Encuesta</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO C. Área de Influencia de las Estaciones de Sevici</b>	<b>93</b>
	<b>ANEXO D. Tabla de Dirección de Estaciones de Sevici</b>	<b>95</b>
	<b>Referencias</b>	<b>105</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Clasificación de Copenhagenize Index.	14
Tabla 2. Comparación entre modelos de encuesta de la variable <i>Frecuencia de uso</i> .	19
Tabla 3. Comparación entre modelos de encuesta de la variable <i>Motivo del viaje</i> .	20
Tabla 4. Caracterización del usuario de bicicleta.	21
Tabla 5. Caracterización del usuario en función del tipo de bicicleta empleada.	22
Tabla 6. Caracterización del tipo de viaje en bicicleta.	23
Tabla 7. Resultados del proceso de encuestación. Relación entre motivo de viaje del usuario y su ocupación actual.	31
Tabla 8. Resultados del proceso de encuestación. Relación entre motivo de viaje del usuario y la frecuencia de uso de la bicicleta.	32
Tabla 9. Comparación de la caracterización del usuario de bicicleta entre el estudio de SIBUS de 2011 y el presente estudio realizado en 2017.	37
Tabla 10. Comparación de la caracterización del tipo de viaje en bicicleta entre el estudio de SIBUS de 2011 y el presente estudio realizado en 2017.	38
Tabla 11. Extracto de la diferencia del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana.	68
Tabla 12. Estaciones con mayor diferencia positiva del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana.	69
Tabla 13. Estaciones con mayor diferencia negativa del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana.	69



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2-1. Reparto modal de ciudades españolas. Fuente: Elaboración propia (EPOMM)	13
Figura 3-1. Lugares de encuestación Fuente: Elaboración propia	18
Figura 3-2. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta empleada. Fuente: Elaboración propia	25
Figura 3-3. Resultados del proceso de encuestación. Duración del trayecto. Fuente: Elaboración propia	25
Figura 3-4. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función de la duración del trayecto. Fuente: Elaboración propia	26
Figura 3-5. Resultados del proceso de encuestación. Edad del usuario. Fuente: Elaboración propia	26
Figura 3-6. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función de la edad del usuario. Fuente: Elaboración propia	27
Figura 3-7. Resultados del proceso de encuestación. Género del usuario. Fuente: Elaboración propia	27
Figura 3-8. Resultados del proceso de encuestación. Género del usuario en función de su edad. Fuente: Elaboración propia	28
Figura 3-9. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función del género el usuario. Fuente: Elaboración propia	28
Figura 3-10. Resultados del proceso de encuestación. Ocupación actual del usuario. Fuente: Elaboración propia	29
Figura 3-11. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función de la ocupación actual del usuario. Fuente: Elaboración propia	29
Figura 3-12. Resultados del proceso de encuestación. Frecuencia de uso de la bicicleta. Fuente: Elaboración propia	30
Figura 3-13. Resultados del proceso de encuestación. Frecuencia de uso de la bicicleta en función de su tipo. Fuente: Elaboración propia	30
Figura 3-14. Resultados del proceso de encuestación. Motivo del viaje del usuario. Fuente: Elaboración propia	31
Figura 3-15. Resultados del proceso de encuestación. Ocupación actual del usuario en función de su motivo de viaje. Fuente: Elaboración propia	32
Figura 3-16. Resultados del proceso de encuestación. Frecuencia de uso de la bicicleta en función del motivo del viaje del usuario. Fuente: Elaboración propia	33
Figura 3-17. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función del motivo de viaje del usuario. Fuente: Elaboración propia	33
Figura 3-18. Resultados del proceso de encuestación. Motivos de elección de la bicicleta. Fuente: Elaboración propia	34
Figura 3-19. Resultados del proceso de encuestación. Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte. Fuente: Elaboración propia	34
Figura 3-20. Resultados del proceso de encuestación. Uso de otros modos de transporte en el mismo trayecto. Fuente: Elaboración propia	35
Figura 3-21. Resultados del proceso de encuestación. Mejoras en el modo de transporte Bicicleta. Fuente: Elaboración propia	35
Figura 3-22. Resultados del proceso de encuestación. Mejoras en el modo de transporte Bicicleta en función del	

tipo de bicicleta empleada. Fuente: Elaboración propia	36
Figura 3-23. Resultados del proceso de encuestación. Problemas de seguridad detectados en el uso de la bicicleta. Fuente: Elaboración propia	37
Figura 4-1. Red de carriles de bicicleta de Sevilla. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	41
Figura 4-2. Vía ciclista en la Calle Macedonia. Fuente: Elaboración propia	42
Figura 4-3 . Zonas de transporte de Sevilla. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	43
Figura 4-4. Red de carriles de bicicleta de Sevilla. Centroides y conectores. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	44
Figura 4-5. Comparación entre la red inicial (izquierda) y la red modificada (derecha) Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	45
Figura 4-6. Origen de los campos. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	46
Figura 4-7. Tipología de vías ciclistas de Sevilla. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	47
Figura 4-8. Esquema de la tipología "Acera bici" Fuente: Gerencia de Urbanismo	47
Figura 4-9. Esquema de la tipología "Pista bici" Fuente: Gerencia de Urbanismo	48
Figura 4-10. Esquema de la tipología "Senda bici" Fuente: Gerencia de Urbanismo	48
Figura 4-11. Esquema de la tipología "Carril bici" Fuente: Gerencia de Urbanismo	48
Figura 4-12. Tipología de vías ciclistas de Sevilla. Clasificación extendida. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	49
Figura 4-13. Sentido de circulación. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	50
Figura 4-14. Cota de los nodos de la red ciclista. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	52
Figura 4-15. Pendiente de los arcos de la red ciclista. Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	53
Figura 5-1. Estación de Sevici, nº 206 Fuente: Elaboración propia	55
Figura 5-2. Estaciones de Sevici Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	56
Figura 5-3. Clasificación de población en Diagramas de Voronoi de las estaciones de Sevici Fuente: Elaboración propia (QGIS)	57
Figura 5-4. Clasificación de área en Diagramas de Voronoi de las estaciones de Sevici Fuente: Elaboración propia (QGIS)	58
Figura 5-5. Clasificación de densidad de población en Diagramas de Voronoi de las estaciones de Sevici Fuente: Elaboración propia (QGIS)	58
Figura 6-1. Eco-contador 8, en la vía ciclista de la Avenida Reina Mercedes Fuente: Elaboración propia	59
Figura 6-2. Eco-contadores en la red ciclista Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	60
Figura 6-3. Ejemplo de datos de Eco-contadores del primer semestre de 2013 Fuente: Gerencia de Urbanismo	61
Figura 7-1. Suma de datos almacenados de todos los eco-contadores de la semana 21 del 2013 Fuente: Elaboración propia	63
Figura 7-2. Datos horarios de bicicletas disponibles en todas las estaciones de Sevici entre los días 22 y 26 de mayo del 2017 Fuente: Elaboración propia	64
Figura 7-3. Comparación de los datos extraídos de Sevici y de los almacenados por los Eco-contadores Fuente: Elaboración propia	65
Figura 8-1. Distribución horaria de bicicletas disponibles en días laborables en todas las estaciones de Sevici Fuente: Elaboración propia	68
Figura 8-2. Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 4 y 5 Fuente: Elaboración propia	70



Figura 8-3. Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 87 y 98 Fuente: Elaboración propia	70
Figura 8-4. Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 6, 9 y 67 Fuente: Elaboración propia	71
Figura 8-5. Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 16, 17, 91, 111, 151, 178 y 180 Fuente: Elaboración propia	71
Figura 8-6. Representación de la diferencia del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana, según su magnitud y su signo, de las estaciones de Sevisi Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	72
Figura 8-7. Representación de la varianza del número medio de bicicletas disponibles de las estaciones de Sevisi Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	73
Figura 8-8. Agrupación primera. Sin variables, manual. Fuente: Elaboración propia (QGIS)	74
Figura 8-9 Agrupación segunda. Variable:curva horaria de las bicicletas disponibles en un día laborable medio. Fuente: Elaboración propia (QGIS)	75
Figura 8-10 Agrupación tercera. Variables: diferencia de 6 a 9 y varianza. Fuente: Elaboración propia (QGIS)	76
Figura 8-11. Agrupación cuarta. Variables: diferencia de 6 a 9, varianza y ratio mínimo-máximo. Fuente: Elaboración propia (QGIS)	77
Figura 8-12. Agrupación quinta. Variables: diferencia de 6 a 9, varianza, ratio mínimo-máximo y cuantil 70. Fuente: Elaboración propia (QGIS)	78
Figura 8-13. Agrupación de las zonas de transporte. Fuente: Elaboración propia (QGIS)	79
Figura 9-1. Histograma unitario de la duración del trayecto.	82
Figura 9-2. Histograma unitario de la longitud del trayecto.	83
Figura 9-3. Asignación "Todo o nada". Fuente: Elaboración propia (TransCAD)	84
Figura 9-4. Intensidad de tráfico de bicicletas según el modelo de asignación de 2009. Fuente: Ayuntamiento de Sevilla, 2010	85
Figura 0-1. Comparación de la capa de población antes y después de unir con las regiones de Voronoi Fuente: Elaboración propia (QGIS)	93



# 1 OBJETIVOS Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO

---

## 1.1. Objetivos del documento

El objetivo de este documento y Trabajo Final de Grado es el estudio y la caracterización de la movilidad en bicicleta en la ciudad de Sevilla, empleando el programa informático TransCAD, que permite la modelización y la asignación de viajes en la red ciclista.

Las líneas de investigación del departamento se centran principalmente en modos de transporte motorizados, tanto tráfico privado como público. Por ello, este trabajo es una oportunidad para respaldar futuros estudios relacionados con la bicicleta, e incluso el comienzo de una línea de investigación propia.

## 1.2. Herramientas de trabajo y datos de partida

Este proyecto se basa en una simulación macroscópica de la red ciclista de la ciudad de Sevilla, para la cual se necesitan diferentes bases de datos e información facilitada por el Grupo de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la ETSI. Se han empleado dos sistemas de información geográfica (SIG): TransCAD, especializado en la rama de transportes, y QGIS, que es un software de carácter general utilizado principalmente para representación de la red ciclista. Los datos de partida se recogen a continuación:

- Encuesta domiciliaria de movilidad de 2007, EDM 2007, con alto grado de detalle y la cual contiene 82.313 registros de encuestados con diversos campos (zona de inicio de viaje, zona de destino, horas, medio de transporte, motivo, y situación familiar y personal).
- Ortofotos y mapas SIG (Sistema de Información Geográfica).
- La red ciclista de Sevilla de 2013, actualizada a 2017 incluyendo vías y resolviendo problemas de conectividad.
- Archivos en formato Shape con capas cartográficas con centroides, zonificaciones, población y estaciones de Sevici.
- Estado de las estaciones de Sevici, que incluyen las bicicletas disponibles en cada estación cada 10 minutos de cada hora, recogido durante 56 días.
- Datos de flujo de eco-contadores del primer semestre de 2013.
- Datos de flujo de eco-contadores del primer trimestre de 2017, cedidos por la Gerencia de Urbanismo.
- Encuestas de caracterización de viajes y de usuarios de bicicleta realizadas por los alumnos de la asignatura “Planificación del Transporte”, del segundo curso del Máster de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Sevilla.

Todos los documentos digitalizados empleados en este trabajo están disponibles para quien los solicite. Para acceder a ellos, será necesario contactar con el Grupo de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes.

## 1.3. Estructuración del trabajo

El trabajo se ha estructurado de la siguiente forma:

En el primer capítulo se presentan los objetivos del trabajo y las herramientas de partida de este.

El capítulo segundo introduce la situación actual de la bicicleta en Sevilla y su relevancia en la ciudad.

En el tercer capítulo se caracteriza al usuario y el tipo de viaje de bicicleta, empleando los resultados de procesos de encuestación.

En el cuarto capítulo se define la red de vías ciclistas, indicando las modificaciones realizadas para completar y corregir las discrepancias con la red actual.

En el quinto capítulo se hace una introducción al servicio de alquiler público de bicicletas de Sevilla, llamado Sevici, y se estudia su área de influencia en la ciudad.

En los próximos dos capítulos se analizan los datos obtenidos del aforo de los eco-contadores y del estado de las

estaciones de Sevici, y se relacionan estas dos variables, con el objetivo de determinar si están correlacionadas.

En el capítulo octavo se caracterizan las zonas de transporte y las zonas situadas en torno a las estaciones de Sevici, mediante técnicas de clustering.

En el penúltimo capítulo se realiza la asignación de viajes de la red, además de especificarse el ajuste de la matriz de viajes de forma que se adapte y se aproxime a una matriz real de viajes de bicicleta.

En el décimo y último capítulo se expone un resumen de las conclusiones obtenidas durante todo el trabajo, así como propuestas de líneas futuras de investigación que quedan fuera del alcance de este documento.

## 2 INTRODUCCIÓN AL MODO DE TRANSPORTE BICICLETA EN LA CIUDAD DE SEVILLA

La bicicleta ha ido cobrando mayor protagonismo en la ciudad de Sevilla durante los últimos diez años, momento en el que comenzó el cambio en la movilidad sevillana. En 2007 empezó la construcción de las primeras vías ciclistas, sin llegar a formar una red conexas. Sin embargo, en la actualidad, la ciudad posee una red de más de 180 kilómetros de carriles para la bicicleta, una importante motivación para los ciudadanos para hacerse usuarios habituales de este modo de transporte. Asimismo, la existencia de un servicio público de alquiler de bicicletas (Sevici) desde sus comienzos, ha fomentado su uso, a pesar de la pérdida de usuarios observada en los últimos años.

Debido a esto, es posible afirmar que la bicicleta supone un peso relevante, aunque altamente superable con los medios de los que se dispone, en el reparto modal de la ciudad. Dicho porcentaje es el 6% de los movimientos diarios, bastante superior al de otras ciudades andaluzas (Córdoba posee un 2% y Málaga, un 1%), y muchas españolas, como se observa en la Figura 2 1. Sólo es superada por la ciudad de Vitoria, con un 13% de trayectos en bicicleta, unido a un escaso uso de vehículos motorizados, tanto propios como de transporte público (en total 33%). Los datos anteriores han sido obtenidos de EPOMM<sup>1</sup> (European Platform on Mobility Management).

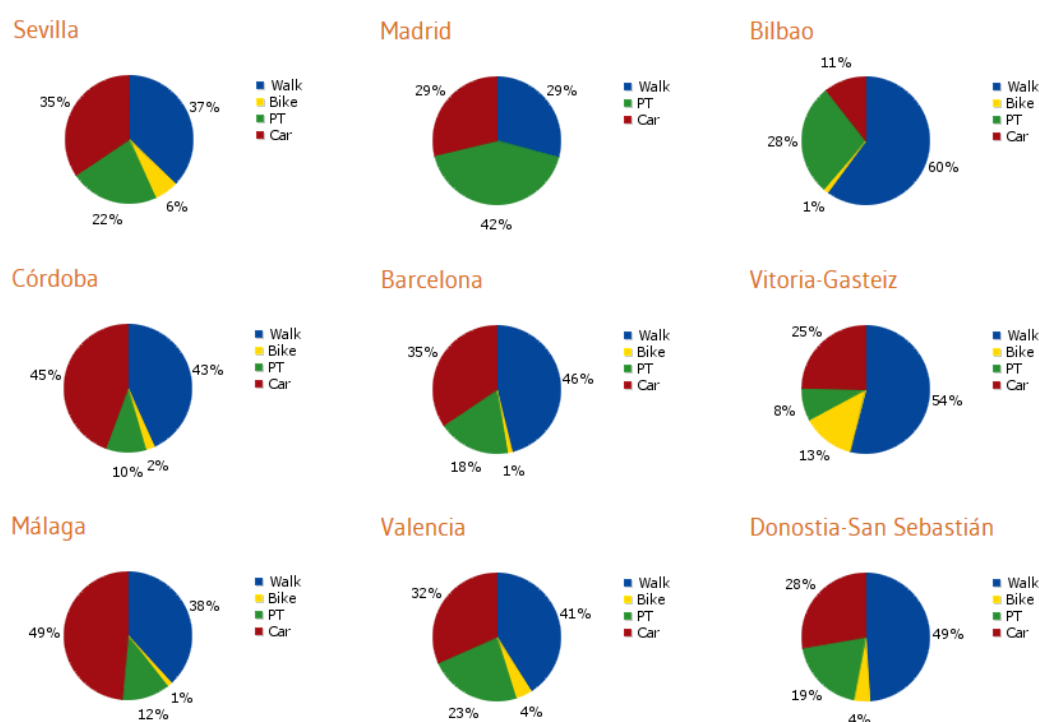


Figura 2-1. Reparto modal de ciudades españolas.

Fuente: Elaboración propia (EPOMM)

Sin embargo, al comparar el uso de la bicicleta en Sevilla con ciudades de países centroeuropeos, como Países Bajos, Bélgica o Alemania, se observan grandes diferencias en el peso que supone en el reparto modal, superando el 10% habitualmente, y el 20% en ciudades como Amberes, Eindhoven o Münster.

De entre los muchos estudios que clasifican a las ciudades como “amigables” para la bicicleta (en inglés, “bicycle-friendly”), destaca el Copenhagenize Index<sup>2</sup>. Esta es una clasificación internacional que ordena

<sup>1</sup> <http://www.epomm.eu/tems/index.phtml>

<sup>2</sup> <http://copenhagenize.eu/index/>

bianualmente ciudades de todo el mundo en función de la implementación de infraestructuras de bicicletas, la política que se lleva a cabo, o restricciones de automóviles, entre otros aspectos. Se elaboró por primera vez en 2011, y Sevilla entró en la lista de 2013 en el cuarto puesto, adquiriendo una gran popularidad y rivalizando con ciudades como Amsterdam, Copenhagen y Utrecht.

No obstante, en las clasificaciones posteriores Sevilla ha caído hasta el 10º y el 14º puesto en los años 2015 y 2017, respectivamente. Este descenso se debe a su reciente estancamiento en cuanto a políticas de bicicleta y escaso mantenimiento de la red. La clasificación de todos los años se puede consultar en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de Copenhagenize Index.

	<b>2011</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>	<b>2017</b>
<b>1</b>	Amsterdam	Amsterdam	Copenhague	Copenhague
<b>2</b>	Copenhague	Copenhague	Amsterdam	Utrecht
<b>3</b>	Barcelona	Utrecht	Utrecht	Amsterdam
<b>4</b>	Tokyo	Sevilla	Estrasburgo	Estrasburgo
<b>5</b>	Berlín	Burdeos	Eindhoven	Malmö
<b>6</b>	Munich	Nantes	Malmö	Burdeos
<b>7</b>	París	Antwerp	Nantes	Antwerp
<b>8</b>	Montreal	Eindhoven	Burdeos	Liubliana
<b>9</b>	Dublín	Malmö	Antwerp	Tokyo
<b>10</b>	Budapest	Berlín	Sevilla	Berlín
<b>11</b>	Hamburgo	Dublín	Barcelona	Barcelona
<b>12</b>	Guadalajara	Tokyo	Berlín	Viena
<b>13</b>	Portland	Munich	Liubliana	París
<b>14</b>	Estocolmo	Montreal	Buenos Aires	Sevilla
<b>15</b>	Helsinki	Nagoya	Dublín	Munich
<b>16</b>	Londres	Río de Janeiro	Viena	Nantes
<b>17</b>	San Francisco	Barcelona	París	Hamburgo
<b>18</b>	Río de Janeiro	Budapest	Minneapolis	Helsinki
<b>19</b>	Viena	París	Hamburgo	Oslo
<b>20</b>	Nueva York	Hamburgo	Montreal	Montreal

Aunque Sevilla sigue siendo un referente en el transporte en bicicleta gracias a las medidas realizadas hasta la actualidad, es necesario cubrir algunos puntos débiles para mejorar la calidad del servicio y fomentar el uso de

este tipo de transporte. La escasez de análisis de movilidad de la bicicleta dificulta el análisis necesario para la toma de decisiones y aplicación de mejoras. Es por ello que surge este trabajo, enfocado en la caracterización del usuario de bicicleta y el tipo de viaje, así como un análisis de los datos de aforos.





# 3 PROCESO DE ENCUESTACIÓN

Se ha llevado a cabo un proceso de encuestación con el objetivo de caracterizar a los usuarios de la bicicleta en la ciudad de Sevilla, y así poder identificar el tipo de usuario, así como posibles mejoras y problemas que detecta la propia población con el fin de conseguir un modo de transporte atractivo y eficiente.

Para ello se ha partido de datos extraídos del trabajo realizado por los alumnos de la asignatura “Planificación del Transporte”, del segundo curso del Máster de Caminos, Canales y Puertos impartido en la Universidad de Sevilla. Estos alumnos se han basado en una encuesta elaborada por SIBUS (Sistema Integral de la Bicicleta de la Universidad de Sevilla). Además, he realizado una encuesta propia basada en la anterior para obtener el mayor número de datos posible.

## 3.1. Descripción de los modelos de encuesta utilizados

De forma general, se han empleado dos modelos de encuesta: el utilizado por los alumnos del Máster, y el que he aportado en los procesos de encuestación propios. Este último mantiene una estructura similar al primero, de manera que los cambios realizados permitieran estudiar conjuntamente los datos obtenidos con ambos modelos de encuesta.

El modelo de encuesta empleado en la asignatura “Planificación del Transporte”, que se puede consultar en el Anexo A, elaborado a finales de 2016, está basado prácticamente en su totalidad en el modelo propio de encuesta de SIBUS (Sistema Integral de la Bicicleta de la Universidad de Sevilla).

Por otro lado, el modelo de encuesta propio se basa igualmente en el modelo anterior, pero se diferencia en el conjunto de preguntas y respuestas, y en la importancia que se les otorga a unas sobre otras, como se observa en el Anexo B.

Los cambios realizados están dirigidos principalmente a obtener de forma inmediata los datos más relevantes que se pueden extraer de estas encuestas, que son los pares de Origen/Destino de los trayectos realizados, así como la duración de estos viajes, con el objetivo inicial de obtener una matriz OD (Origen – Destino) para emplearla posteriormente en la Asignación de viajes en bicicleta. Otras modificaciones de menor nivel se centran en la conversión de preguntas relacionadas con el nivel de servicio de la bicicleta en multi-respuesta. Todas las modificaciones realizadas se explican en la Sección 3.3.

## 3.2. Descripción del proceso de encuestación

Las encuestas realizadas con el nuevo modelo se han conseguido mediante dos métodos de encuestación:

1. Mediante la herramienta de formularios de Google, Google Forms<sup>3</sup>, por la cual los usuarios de bicicleta podían rellenar la encuesta de manera virtual.
2. Mediante la encuestación en la vía pública.

El primer método de encuestación, Google Forms, se ha elaborado de forma manual, transcribiendo las cuestiones mostradas en el modelo de encuesta del Anexo B, con el fin de llegar a más usuarios que de manera presencial en la vía pública, ya que se puede contestar en poco tiempo y cómodamente desde dispositivos electrónicos (teléfonos móviles, tablets y cualquier dispositivo con conexión a internet) sin la necesidad de estar presente el encuestador. No obstante, presenta un inconveniente: la muestra está sesgada, puesto que solo pueden responder aquellos usuarios que dispongan de dichos dispositivos, ignorando así a usuarios de avanzada edad. Aun así, se considera el principal método de encuestación para estudios futuros ya que es el que tiene mayor alcance, y el sesgo no afecta de forma significativa a los usuarios de la bicicleta. Además, la limitación de tiempo y la disposición de los usuarios a responder la encuesta es superior al realizarla de forma virtual.

El segundo método de encuestación se ha realizado presencialmente en la vía pública, tal y como se hizo en “Planificación de Transportes”. Se eligieron dos zonas para el proceso de encuestación, la Barqueta (lugar donde se realizó la encuesta previa) y el Instituto de Educación Secundaria Híspalis (ver Figura 3-1).

---

<sup>3</sup> <https://www.google.com/forms/about/>

La encuestación en la Barqueta, se realizó en días no laborables, para complementar la encuesta realizada anteriormente, la cual se desarrolló únicamente en días laborables. Se puede intuir que los usuarios encuestados utilizarían la bicicleta con distinto fin que aquellos de días laborables. La zona elegida se encuentra en las inmediaciones de varias paradas de autobuses y una estación de Sevisi. Concretamente, se realizó cerca del carril bici de un paso peatonal, cuyo semáforo para los peatones tenía una duración algo mayor a un minuto, de forma que los usuarios mostraban mayor accesibilidad a realizar la encuesta.

La encuestación en el IES Híspalis, situado en la Avenida Alcalde Manuel del Valle, fue realizada en días laborables para ampliar la muestra de usuarios que forman parte de la población activa. Principalmente fue completada por docentes y otro personal de dicho centro.



Figura 3-1. Lugares de encuestación  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Descripción de las variables

A continuación, se describen las variables utilizadas para identificar al usuario de bicicleta, así como otras características asociadas a este modo de transporte. Además, se muestran las diferencias existentes entre el modelo de encuesta propio empleado y el de SIBUS, justificando los cambios realizados.

#### 3.3.1 Origen y destino del trayecto

En estas variables, junto a la duración del trayecto, es donde se presentan los cambios más notables con respecto al modelo de encuesta de SIBUS. Se les ha otorgado mayor importancia al origen y al destino del trayecto puesto que esta información es fundamental para elaborar la matriz de OD de movilidad en bicicleta correspondiente a las zonas de transporte de Sevilla.

A la hora de obtener esta información no había un método homogéneo para el usuario para dar a conocer la localización exacta del inicio y fin de su viaje. Por tanto, los usuarios respondieron de forma aproximada a estas ubicaciones.

de forma aproximada a estas ubicaciones.

En el proceso de encuestación mediante el formulario de Google Forms se ha intentado solucionar este problema, pidiendo al usuario que utilice una interfaz de localización geográfica inmediata, proporcionando las coordenadas, pero las limitaciones técnicas encontradas durante la realización del formulario han impedido que fuera accesible para todos los encuestados, por lo que se aceptaba responder con la dirección aproximada. Esto ha generado inconsistencias en el modo en que las direcciones eran indicadas que han imposibilitado la realización de análisis a partir de esta variable.

Para próximas investigaciones se propone desarrollar un modelo de encuesta con una herramienta de localización geográfica accesible a todos los usuarios encuestados.

#### 3.3.2 Duración del trayecto

De nuevo el tamaño de la muestra ha resultado insuficiente para elaborar una matriz de OD, pero permite estimar

la duración media de un viaje en bicicleta.

Las respuestas han sido proporcionadas en minutos, pero se han clasificado en rangos para analizar de manera más eficiente el reparto de la duración del trayecto.

### 3.3.3 Datos del encuestado

Con estas variables se busca definir al usuario de bicicleta, conociendo su género, en qué rangos de edad se encuentra, y cuál es su ocupación laboral, de manera que sea posible construir un perfil que sirva de soporte en la decisión de medidas a llevar a cabo en cuanto a este modo de transporte.

En la variable *Edad*, en el modelo de encuesta de SIBUS preguntaba directamente al encuestado su edad actual. Al realizarse una encuesta virtual es más importante evitar que el usuario no abandone la encuesta tras haberla empezado, por lo que se decidió utilizar rangos de edades, de forma que el usuario no se sintiera incómodo, dado que esta cuestión puede vulnerar su privacidad.

### 3.3.4 Tipo de bicicleta

Al encuestado se le pregunta el tipo de bicicleta empleada para establecer un reparto del uso de la bicicleta privada frente al Sevici, y así investigar si existe alguna relación entre el tipo empleado de bicicleta y datos personales del usuario, como son su edad, su género, su ocupación actual, y otros relacionados con el trayecto, como la duración del trayecto, el motivo del viaje, la frecuencia de uso o el por qué ha elegido la bicicleta frente a otros modos de transporte.

Cabe destacar que existe una ligera diferencia entre ambos modelos de encuesta empleados en este documento. El modelo de SIBUS da a elegir entre Sevici y Otra, lo cual da a entender que esta última categoría Otra abarca todas aquellas opciones que no son Sevici: la bicicleta privada; la bicicleta pública que ofrece el Servicio Bus+Bici<sup>4</sup> promovido por el Consorcio de Transportes de Sevilla, donde el préstamo se realiza en la Estación de Plaza de Armas si se presenta el billete de autobús interurbano usado del día; o la bicicleta de préstamo anual que ofrece la Universidad de Sevilla. Por tanto, se ha considerado que no es del todo correcto agrupar todas estas tipologías en una única respuesta, lo que se ha traducido en la creación de una tercera categoría denominada “Propia”, y que pretende incluir todas aquellas bicicletas de propiedad privada del usuario.

### 3.3.5 Frecuencia de uso

Con esta variable se identifica si el usuario de bicicleta es habitual o si, al contrario, la utiliza de forma puntual. Para ello, se han definido diferentes categorías de frecuencia de uso, y en la Tabla 2 se muestran las correspondientes a ambos modelos de encuesta.

Tabla 2. Comparación entre modelos de encuesta de la variable *Frecuencia de uso*.

Modelo de encuesta de SIBUS	Modelo de encuesta propio
Casi todos los días mañana o tarde	A diario
Casi todos los días mañana y tarde	Algún día por semana
Casi todos los días mañana	Algún día por mes
Casi todos los días tarde	Casi nunca
Algún día por semana	Sólo los fines de semana
Sólo los fines de semana	

Las categorías del modelo de encuesta de SIBUS están descompensadas en cuanto a la respuesta del usuario,

<sup>4</sup> [http://www.consorciostransportes-sevilla.com/contenido\\_ctas.php?contenido=206](http://www.consorciostransportes-sevilla.com/contenido_ctas.php?contenido=206)

puesto que ha desagregado en bastantes opciones la frecuencia diaria, intentando obtener la mayor información posible, consiguiendo el efecto contrario, es decir, es más complicado para el usuario que su respuesta coincida exclusivamente con alguna de las categorías dadas en la encuesta. Por ello, en el modelo de encuesta propio se ha agrupado en una sola categoría todas esas opciones, para facilitar la respuesta al usuario, y además se ha añadido otras dos categorías complementarias para aquellos usuarios cuyo uso de la bicicleta sea más reducido.

### 3.3.6 Motivo del viaje

Con esta variable se conoce el propósito del uso de la bicicleta, y de nuevo, como en la subsección anterior, existen diferencias en las categorías entre los dos modelos de encuesta utilizados (ver Tabla 3).

Tabla 3. Comparación entre modelos de encuesta de la variable *Motivo del viaje*.

Modelo de encuesta de SIBUS	Modelo de encuesta propio
Trabajo	Trabajo
Estudios	Estudios
Ocio	Ocio
Médico/Sanidad	Otro
Compras	
Personal	
Otro	

Con el mismo objetivo que con la frecuencia de uso, SIBUS ha desagregado en un mayor número de categorías el motivo de viaje en bicicleta, más allá de las principales como son trabajo, estudios y ocio. En un primer lugar, esta clasificación ofrecería más información acerca del usuario de bicicleta, pero se consideró que no era relevante, por lo que en el modelo de encuesta propio se ha reducido a las categorías principales mencionadas anteriormente, más una última denominada “Otro”, que engloba aquellas menos relevantes.

### 3.3.7 Motivo de elección de la bicicleta

Los datos obtenidos a través de esta variable permiten conocer qué les impulsa a los usuarios de bicicleta a elegir este modo de transporte frente a los demás, lo que ayudaría a tomar medidas para fomentar su uso en la población, así como asegurar a los usuarios de bicicleta usuales.

### 3.3.8 Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte

Esta variable estudia si el usuario de bicicleta realizaba ese trayecto en otro modo de transporte anteriormente, pero en la actualidad lo hace en bicicleta, o si por el contrario ha utilizado únicamente la bicicleta para transportarse.

### 3.3.9 Uso de otros modos de transporte en el mismo trayecto

Con esta variable se pretendía estudiar la intermodalidad con la bicicleta. Esta cuestión ha sido introducida en el modelo de encuesta propio, por lo que no se disponen de muchos datos. Sin embargo, tras realizar el proceso de encuestación, se ha observado que los encuestados no han entendido la pregunta correctamente, y en su lugar deducían que se les preguntaba por el uso de otro modo de transporte cuando no era posible el uso de la bicicleta. A continuación, se muestran varias de las respuestas dadas que demuestran esta confusión:

- Coche conductor

- Coche propio
- Coche particular días de lluvia

La intermodalidad se produce cuando un trayecto se realiza en varios modos de transporte, pero no es lógico que uno de ellos sea el vehículo a motor particular del usuario. Por ello, esta variable finalmente no aporta datos al trabajo de investigación, pero se incluye para un posterior ajuste de la cuestión de manera que sea comprendida por los usuarios.

### 3.3.10 Mejoras del modo de transporte Bicicleta

Los usuarios de bicicletas son aquellos que conocen mejor los puntos fuertes y débiles de este modo de transporte, por lo que en esta variable se recoge cuáles son las principales mejoras que estiman necesarias en su trayecto habitual.

Para complementar esta variable, en el modelo de encuesta propio he añadido una categoría nueva denominada “Mejora técnica de Sevici”, en un principio dirigida únicamente a los usuarios de este tipo de bicicleta. Sin embargo, es posible que usuarios encuestados que respondan usar la bicicleta privada consideren esta mejora necesaria puesto que también son usuarios de Sevici, pero en la encuesta responden a su trayecto más frecuente, que sería en privada.

### 3.3.11 Problemas de seguridad detectados en el uso de la bicicleta

Relacionado con las mejoras a realizar en este modo de transporte, los problemas detectados relacionados con la seguridad vial son imprescindibles para llevar a cabo futuras acciones, con el objetivo de reducir la siniestralidad, así como fomentar el uso seguro de la bicicleta.

## 3.4. Análisis de los resultados de las encuestas

En la presente sección se analizan los resultados obtenidos en los procesos de encuestación realizados. El número total de encuestas realizadas es de aproximadamente 575.

### 3.4.1 Caracterización del usuario de bicicleta

A continuación, se exponen las conclusiones obtenidas de la caracterización del usuario de bicicleta, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4:

- La edad media del usuario oscila entre los 18 y los 37 años, aunque más cercano al rango de 18 a 27 años.
- El género que predomina es el hombre, con un 63%, mientras que las mujeres alcanzan el 37% del total de usuarios de bicicleta.
- El principal tipo de bicicleta usada es la privada.
- Más de la mitad de los usuarios encuestados son trabajadores, siendo el segundo grupo con mayor representación los estudiantes, con un 37%.

Tabla 4. Caracterización del usuario de bicicleta.

Datos del encuestado			
<b>Edad</b>	Menos de 18	10	2%
	De 18 a 27	245	43%
	De 28 a 37	151	26%
	De 38 a 47	89	16%
	De 48 a 57	48	8%

	De 58 a 67	21	4%
	Más de 67	8	1%
<b>Género</b>	Hombre	360	63%
	Mujer	212	37%
<b>Tipo de bicicleta</b>	Sevici	160	28%
	Privada	409	72%
<b>Ocupación actual</b>	Menor	2	0%
	Estudiante	214	37%
	Trabajador	295	51%
	Ama/o de casa	5	1%
	Jubilado/Pensionista	24	4%
	Parado	30	5%
	Otro	5	1%

Resulta de interés analizar los resultados en función del tipo de bicicleta empleado. Estos datos se pueden consultar en la Tabla 5, para las bicicletas privada y de Sevici.

Para la bicicleta privada, los resultados obtenidos son los siguientes:

- La edad media del usuario se sitúa entre los 18 y los 37 años, similar a la caracterización general.
- El reparto de género no varía respecto a la clasificación general, siendo en este caso un punto superior para el hombre.
- La ocupación principal es “Trabajador”, aumentando 7 puntos respecto al general, y los estudiantes tienen bastante menor representación en la bicicleta privada.

Los resultados correspondientes a la bicicleta de Sevici se comentan a continuación:

- Destaca la edad media del usuario, que se sitúa principalmente entre los 18 y los 27 años.
- Las mujeres utilizan el Sevici dos puntos por encima de la clasificación general, pero el reparto entre géneros no varía.
- La principal actividad de usuarios del servicio de Sevici son los estudiantes, con un 63%, si bien también existe un importante número de trabajadores, con un 32% de representación.

Tabla 5. Caracterización del usuario en función del tipo de bicicleta empleada.

<b>Datos del encuestado</b>					
		<b>Bicicleta privada</b>		<b>Bicicleta de Sevici</b>	
<b>Edad</b>	Menos de 18	7	2%	3	2%
	De 18 a 27	138	34%	107	67%

	De 28 a 37	121	30%	28	18%
	De 38 a 47	75	18%	13	8%
	De 48 a 57	40	10%	8	5%
	De 58 a 67	20	5%	1	1%
	Más de 67	8	2%	0	0%
<b>Género</b>	Hombre	261	64%	97	61%
	Mujer	148	36%	63	39%
<b>Ocupación actual</b>	Menor	2	1%	0	0%
	Estudiante	113	27%	101	63%
	Trabajador	241	58%	52	32%
	Ama/o de casa	4	1%	1	1%
	Jubilado/Pensionista	24	6%	0	0%
	Parado	25	6%	5	3%
	Otro	3	1%	2	1%

### 3.4.2 Caracterización del tipo de viaje en bicicleta

Los datos obtenidos en el proceso de encuestación acerca del tipo de viaje en bicicleta se muestran en la Tabla 6. Se pueden observar varios aspectos:

- La gran mayoría de usuarios de bicicleta la emplean a diario.
- El motivo de viaje más común es “Trabajo” y “Estudios”, sumando entre ambos el 75% del total de los viajes.
- Entre los motivos por los cuales los usuarios eligen la bicicleta como modo de transporte destacan el económico y el ahorro de tiempo.
- En cuanto al uso anterior de otros medios de transporte en lugar de la bicicleta, algo más de la mitad de los usuarios realizaban el trayecto en transporte público y a pie, mientras que el 24% es fiel a la bicicleta desde sus inicios.

Tabla 6. Caracterización del tipo de viaje en bicicleta.

<b>Datos del viaje</b>			
<b>Frecuencia de uso</b>	A diario	457	81%
	Algún día por semana	103	18%
	Algún día por mes	1	0%
	Casi nunca	1	0%

	Solo los fines de semana	3	1%
<b>Motivo de viaje</b>	Trabajo	252	43%
	Estudios	187	32%
	Ocio	94	16%
	Otro	50	9%
<b>Motivo de elección de la bicicleta</b>	Más económico	217	43%
	Menor tiempo	213	42%
	Más ecológico	92	18%
	Motivos de salud	120	24%
	Facilidad de aparcamiento	87	17%
	Comodidad	67	13%
	Otro	16	3%
<b>Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte</b>	No	109	24%
	A pie	129	28%
	Coche conductor	68	15%
	Coche compartido	8	2%
	Motocicleta	25	5%
	Bus urbano	110	24%
	Bus interurbano	5	1%
	Tren	3	1%
	Taxi	0	0%

### 3.4.3 Tipo de bicicleta

Se ha considerado analizar en primera instancia el tipo de bicicleta, por su relevancia con respecto a las demás variables. Los datos correspondientes al reparto entre bicicleta de Sevici y privada en Sevilla se muestra en la Figura 3-2.



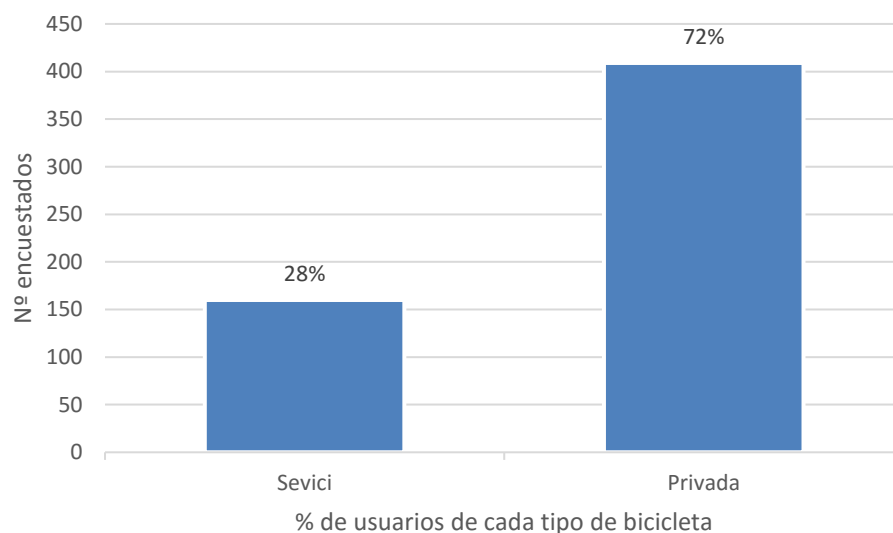


Figura 3-2. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta empleada.  
Fuente: Elaboración propia

Casi tres de cuatro usuarios emplean la bicicleta privada, frente a uno que utiliza la bicicleta de Sevici. En los próximos apartados se analizará este reparto en función de las diferentes características que definen al usuario, como son su edad, el género, el tiempo de viaje o su ocupación actual.

#### 3.4.3.1 Duración del trayecto

Como se puede observar en la Figura 3-3, la mayoría de los viajes tienen una duración entre 5 y 20 minutos, agrupando este conjunto de rangos un valor superior al 70% de los viajes.

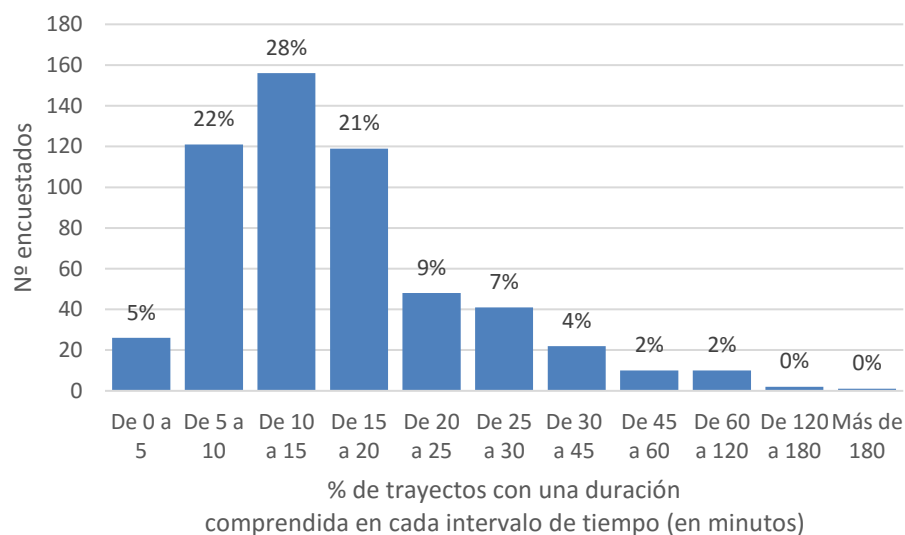


Figura 3-3. Resultados del proceso de encuestación. Duración del trayecto.  
Fuente: Elaboración propia

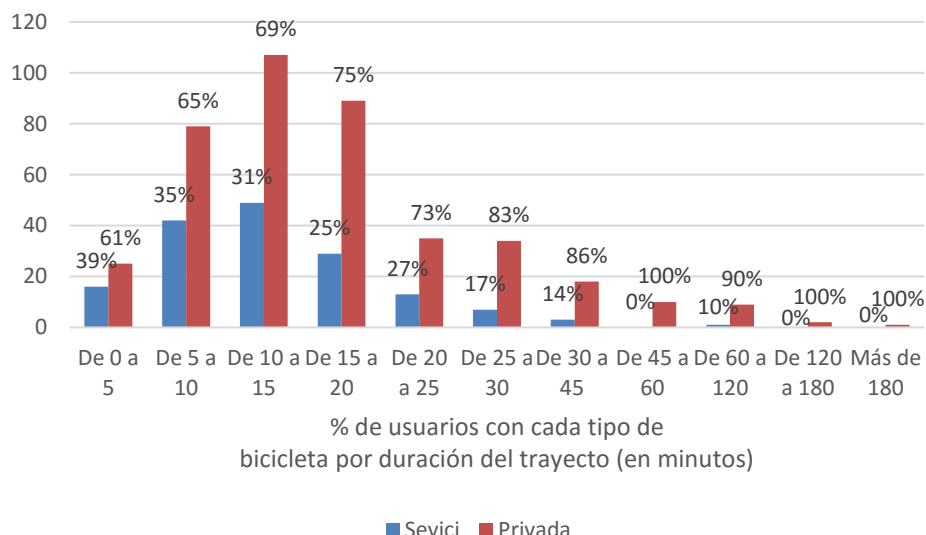


Figura 3-4. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función de la duración del trayecto.  
Fuente: Elaboración propia

En función del tipo de bicicleta empleada (ver Figura 3-4), la bicicleta privada mantiene su uso mayoritario en todos los intervalos de tiempo, aunque este empieza a ser más pronunciado hasta ser el total de los viajes a partir de los 25 minutos de trayecto, lo que se explica a través de la tipología de bicicleta de Sevici, que cuenta con unas características no pensadas para trayectos de gran recorrido, así como que para tiempos de duración elevados el motivo del viaje pasa a ser de ocio, por lo que el usuario elige su propia bicicleta frente a la Sevici.

### 3.4.4 Datos del encuestado

#### 3.4.4.1 Edad

En la Figura 3-5 se observa la distribución de las edades de los usuarios de bicicleta en la ciudad de Sevilla. Se puede apreciar que el mayor porcentaje de población que emplea la bicicleta tiene entre 18 y 27 años, con un 43% del total, y entre 28 y 37 años, con un 26 % del total, lo que significa que el usuario de bicicleta es un usuario joven (69% del total).

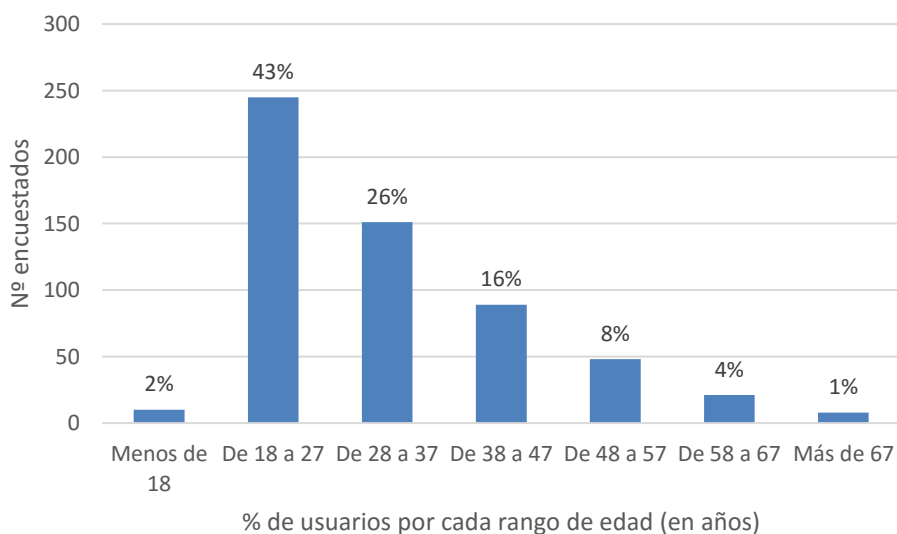


Figura 3-5. Resultados del proceso de encuestación. Edad del usuario.  
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, según la distribución por edades respecto al tipo de bicicleta, mostrado en la Figura 3-6, se observa que el uso de la bicicleta privada es prácticamente mayoritario en todos los rangos de edades, a excepción del rango de 18 a 27 años, donde es similar el uso de bicicleta de Sevici y privada. Este efecto se podría explicar por la ocupación actual del usuario y el motivo del viaje, que se analizarán en posteriores apartados.

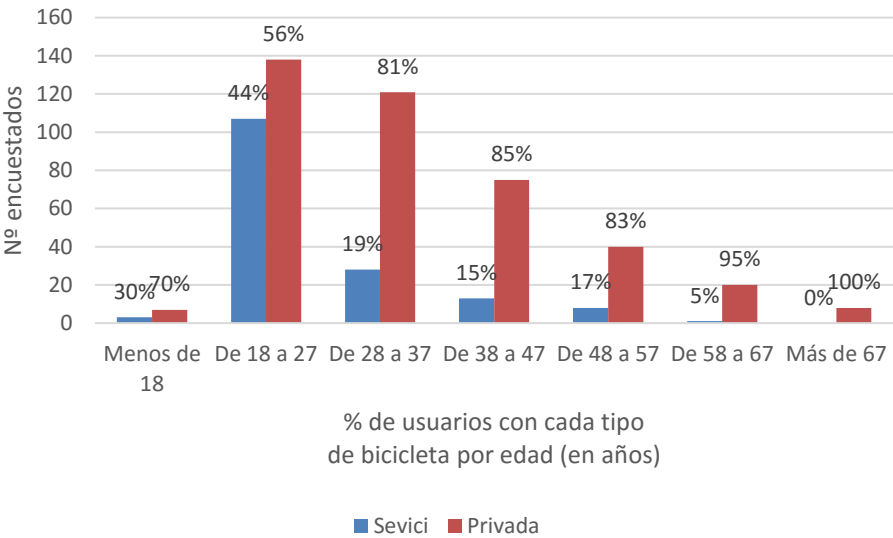


Figura 3-6. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función de la edad del usuario.  
Fuente: Elaboración propia

3.4.4.2 Género

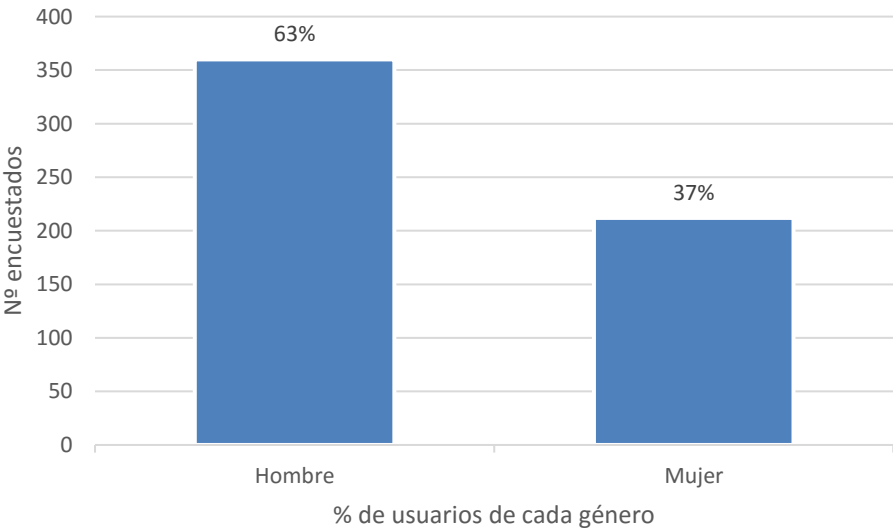


Figura 3-7. Resultados del proceso de encuestación. Género del usuario.  
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 3-7, existe un uso predominante de la bicicleta por el género masculino frente al femenino, siendo un 63% frente a un 37%, respectivamente. En cuanto a la distribución de género según la edad (ver Figura 3-8), las conclusiones obtenidas indican que existe un uso igualitario entre hombres y mujeres menores de edad, así como en el rango de 28 a 37 años. En el resto de rangos de edades, los hombres son los principales usuarios del modo de transporte de bicicleta.

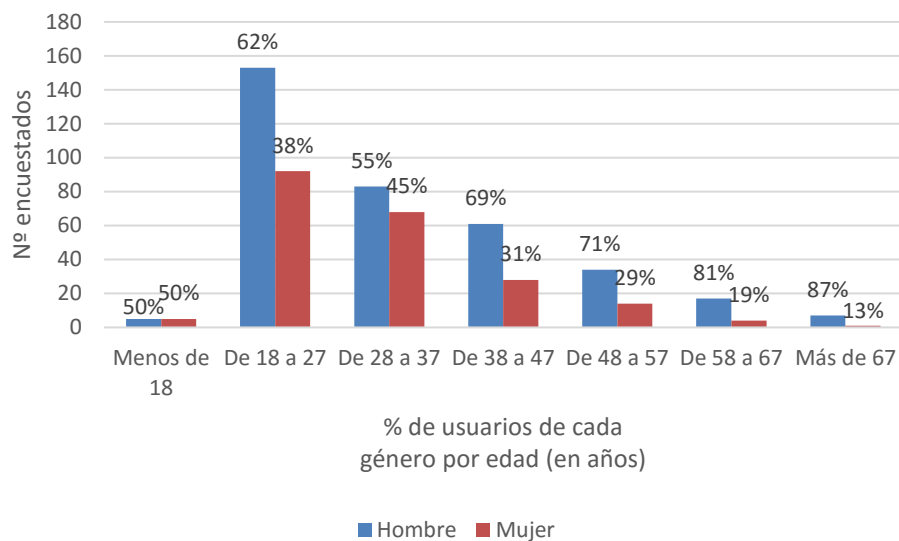


Figura 3-8. Resultados del proceso de encuestación. Género del usuario en función de su edad.

Fuente: Elaboración propia

Otra distribución interesante es el tipo de bicicleta utilizado en función del género, mostrado en la Figura 3-9, donde se concluye que el uso de la bicicleta de Sevici y de la privada es similar entre géneros, siendo levemente superior a la media (37%) el uso de la bicicleta de Sevici por parte de mujeres (39%).

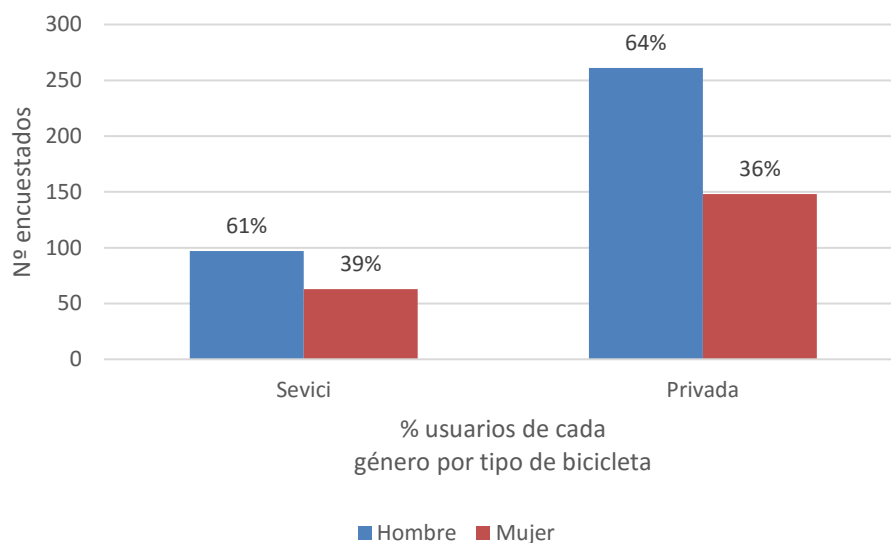


Figura 3-9. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función del género el usuario.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4.3 Ocupación actual

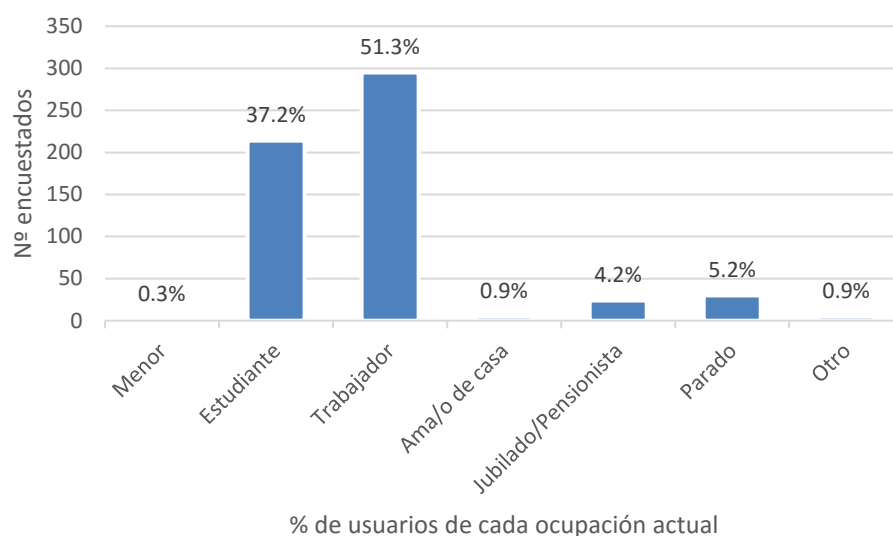


Figura 3-10. Resultados del proceso de encuestación. Ocupación actual del usuario.

Fuente: Elaboración propia

Las principales ocupaciones de los usuarios de bicicleta son “Trabajador”, siendo la mitad de los encuestados, y “Estudiante”, siendo un tercio de estos (ver Figura 3-10). Con estos datos, podemos deducir que el perfil de usuario de la bicicleta es principalmente trabajadores y estudiantes, sumando entre ambos el 88.5 % de los usuarios encuestados, lo cual se justificará por completo en la distribución por motivo de viaje, Figura 3-15.

Resulta interesante estudiar cuál es el reparto de la ocupación del usuario en función del tipo de bicicleta que emplea. Dicha distribución se muestra en la Figura 3-11.

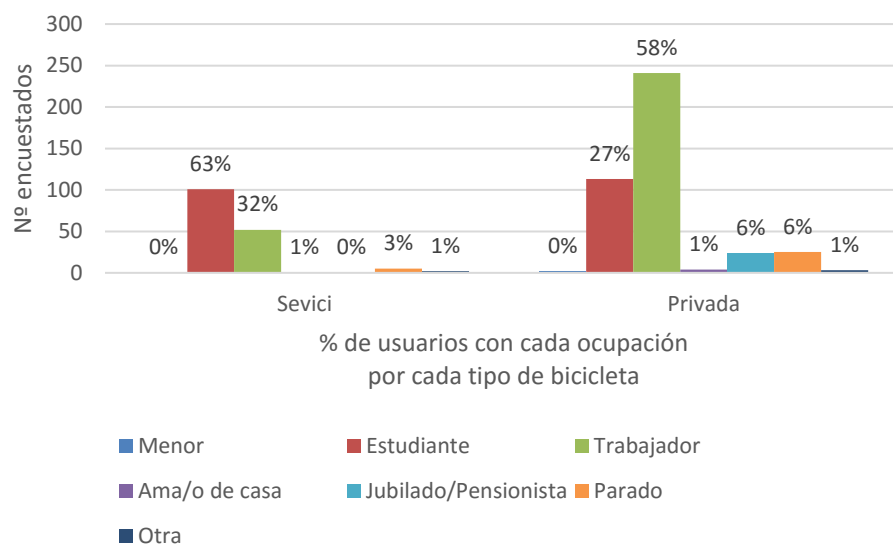


Figura 3-11. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función de la ocupación actual del usuario.

Fuente: Elaboración propia

Destacan los dos tipos principales de ocupación, “Trabajador” y “Estudiante”, por ser la distribución de tipo de bicicleta totalmente dispar. Mientras que el usuario con la categoría de “Trabajador” utiliza principalmente la bicicleta privada, el usuario “Estudiante” elige de manera equitativa el tipo de bicicleta, aunque destaca por ser la principal ocupación de usuario que elige la bicicleta de Sevisi. Todo lo anterior se puede identificar con lo

ocurrido en la distribución de tipo de bicicletas por edades, en la Figura 3-6, donde los usuarios con edad en el rango de 18 a 27 años tienen la misma predisposición por elegir cualquier tipo de bicicleta (siendo identificados con “Estudiante”), mientras que los de rangos superiores optan por la privada (“Trabajador”).

### 3.4.5 Frecuencia de uso

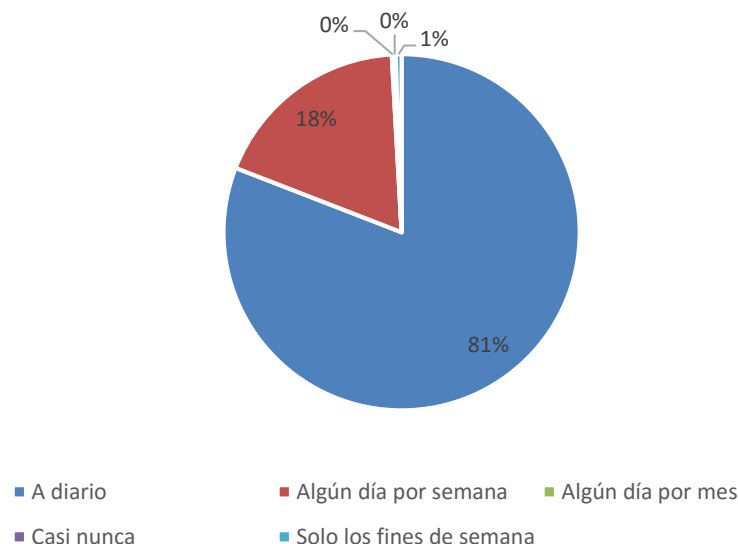


Figura 3-12. Resultados del proceso de encuestación. Frecuencia de uso de la bicicleta.

Fuente: Elaboración propia

Como se comprobará en subsecciones posteriores, la frecuencia de uso está relacionada con el motivo del viaje. Se observa en la Figura 3-12 que la totalidad de los trayectos realizados se producen a diario, con un 81%, y algún día por semana, con un 18%. Esto demuestra que los usuarios son fieles a este modo de transporte, y no usuales.

Por otro lado, sería interesante descubrir si hay alguna relación entre la frecuencia y el tipo de bicicleta empleada. Dicha relación se muestra en la Figura 3-13.

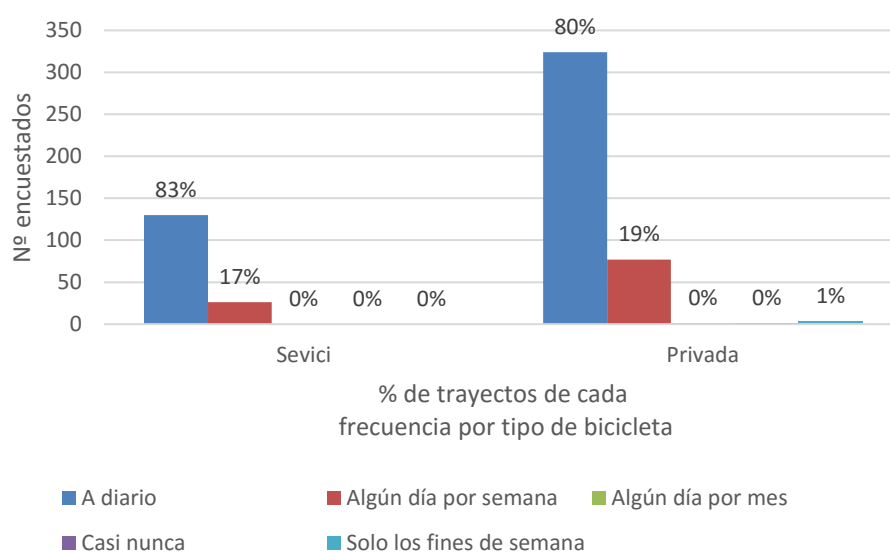


Figura 3-13. Resultados del proceso de encuestación. Frecuencia de uso de la bicicleta en función de su tipo.

Fuente: Elaboración propia

Se observa que proporcionalmente son similares, es decir, los porcentajes de reparto son muy cercanos. Destaca

el porcentaje ínfimo pero existente del uso de bicicleta privada solo en fines de semana, la cual está referida al uso lúdico que se le da a esta.

### 3.4.6 Motivo del viaje

Relacionado con la ocupación actual del usuario, el motivo del viaje realizado en bicicleta se muestra en la Figura 3-14. Se puede observar que tres de cuatro usuarios de la bicicleta la emplean con motivo de “Trabajo” y de “Estudios”. Como se ha comentado anteriormente, existe una cierta relación con la ocupación actual del usuario, la cual se puede apreciar en la Tabla 5Tabla 7.

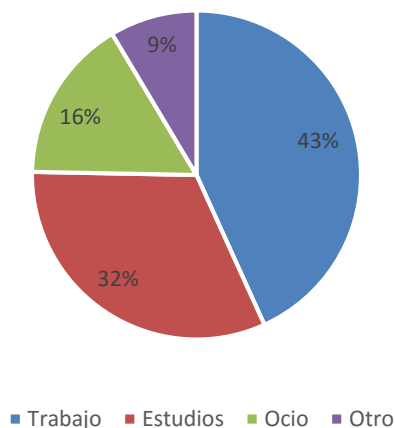


Figura 3-14. Resultados del proceso de encuestación. Motivo del viaje del usuario.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultados del proceso de encuestación. Relación entre motivo de viaje del usuario y su ocupación actual.

Motivo del viaje	Menor	Estudiante	Trabajador	Ama/o de casa	Jubilado Pensionista	Parado	Otra
Trabajo	0	10	239	1	0	2	1
Estudios	1	181	9	0	1	0	0
Ocio	1	13	42	3	20	13	2
Otro	0	10	17	2	4	15	2

Se puede observar que la gran mayoría de usuarios son aquellos con ocupación de “Estudiante” y de “Trabajador”, por lo que en la Figura 3-15 se muestra únicamente estas dos categorías con el objetivo de estudiarlos al detalle.

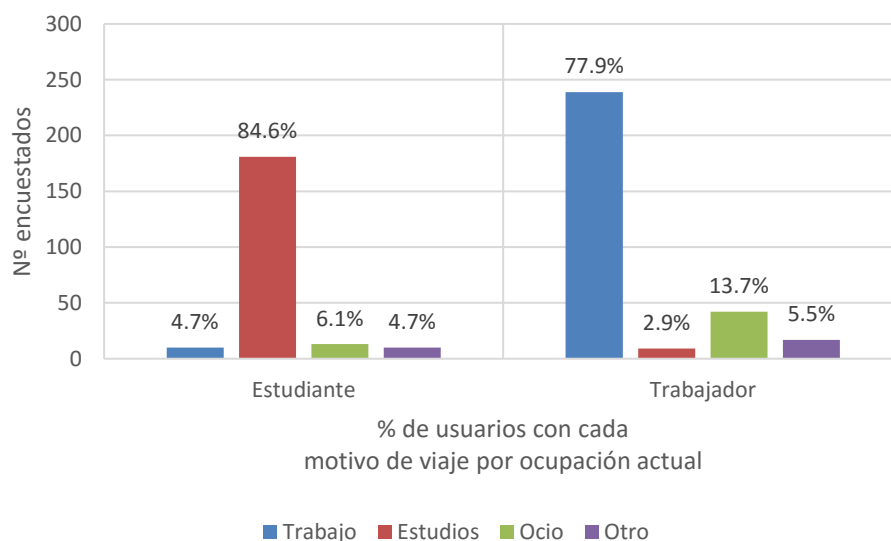


Figura 3-15. Resultados del proceso de encuestación. Ocupación actual del usuario en función de su motivo de viaje.

Fuente: Elaboración propia

Como es lógico, el mayor porcentaje del motivo por cada ocupación se corresponde al homólogo, esto es, aquellos con ocupación de “Estudiante” tienen como motivo de viaje “Estudios” (un 84.6%), y aquellos con ocupación de “Trabajador” realizan el trayecto por “Trabajo” (un 77.9%). Sin embargo, se observa en ambas ocupaciones que el segundo motivo más dado es “Ocio”, el cual se explica por el uso lúdico que se le da a la bicicleta en la actualidad, destacando el 13.7% de los usuarios con ocupación “Trabajador”.

También es conveniente mostrar la relación entre el motivo del viaje y la frecuencia del uso de la bicicleta (ver Tabla 8).

Tabla 8. Resultados del proceso de encuestación. Relación entre motivo de viaje del usuario y la frecuencia de uso de la bicicleta.

Motivo del viaje	A diario	Algún día por semana	Algún día por mes	Casi nunca	Sólo los fines de semana
<b>Trabajo</b>	226	24	0	0	0
<b>Estudios</b>	164	19	0	1	0
<b>Ocio</b>	48	42	1	0	3
<b>Otro</b>	26	23	0	0	0
<b>% Frecuencia</b>	81%	18%	0%	0%	1%

Estos datos están reflejados en la subsección 3.4.5, y para estudiarlos más en detalles se representa en la Figura 3-16 las frecuencias dadas más usuales. Dentro de la frecuencia “A diario”, la mitad de los usuarios emplean la bicicleta para ir al “Trabajo”, mientras que algo más de un tercio la utilizan con motivo de “Estudios”. No obstante, en la categoría “Algún día por semana” destaca el motivo “Ocio”, lo cual explica que el uso frecuente de la bicicleta sea para desplazamientos de carácter obligatorio mientras que un uso más esporádico se dirija para movimientos no obligados.



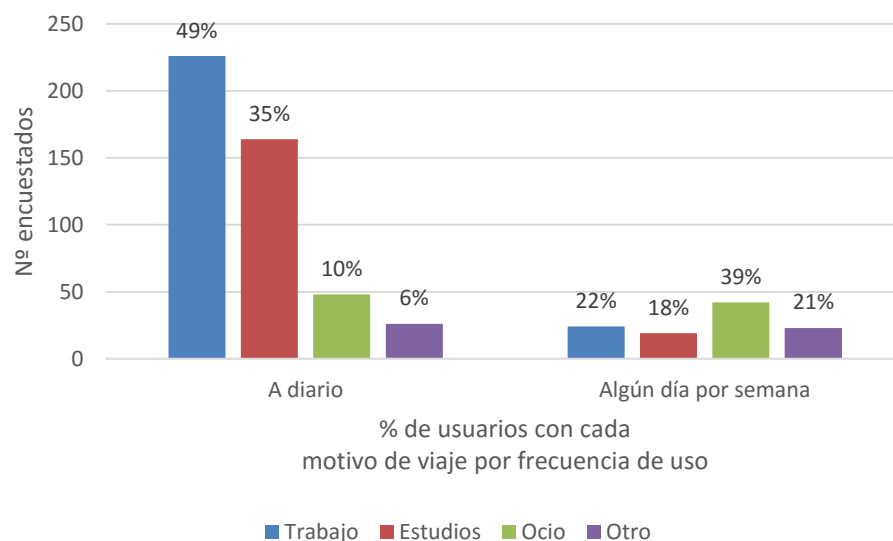


Figura 3-16. Resultados del proceso de encuestación. Frecuencia de uso de la bicicleta en función del motivo del viaje del usuario.

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar la importancia del tipo de bicicleta empleada y, por tanto, su relación con el motivo del viaje (ver Figura 3-17). Los resultados obtenidos vuelven a mostrar lo deducido anteriormente: la bicicleta privada utilizada para transporte al trabajo es el caso más común, mientras que para estudios se usa tanto la bicicleta privada como la de Sevisi; además, aproximadamente uno de cada cinco usuarios de la bicicleta privada la emplea para desplazarse con motivos de ocio.

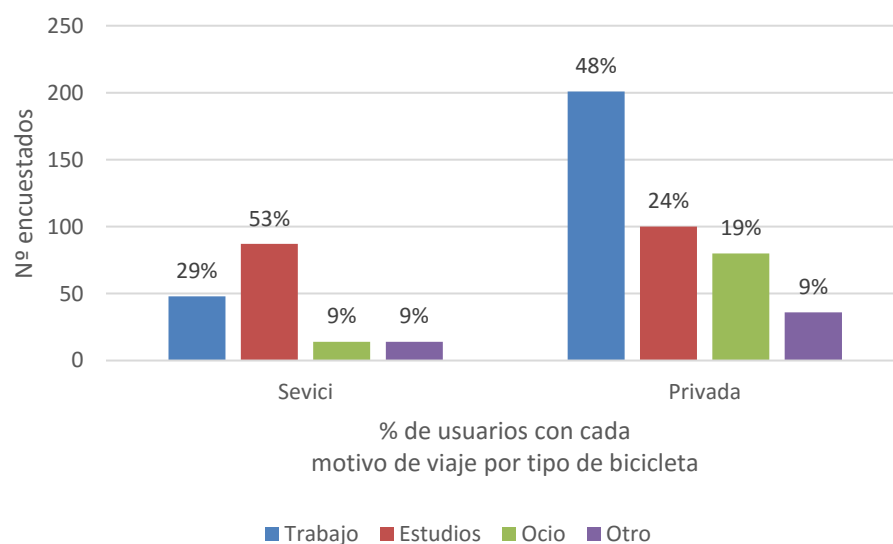


Figura 3-17. Resultados del proceso de encuestación. Tipo de bicicleta en función del motivo de viaje del usuario.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.7 Motivo de elección de la bicicleta

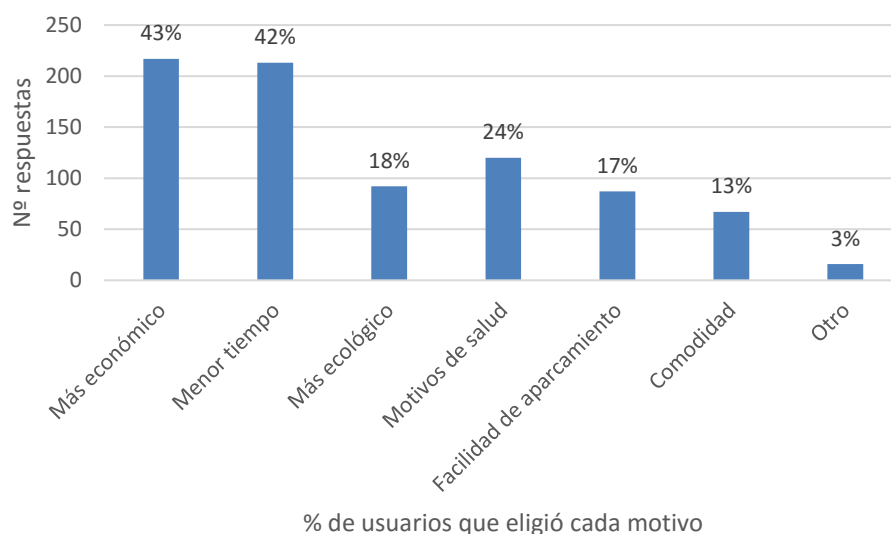


Figura 3-18. Resultados del proceso de encuestación. Motivos de elección de la bicicleta.

Fuente: Elaboración propia

Los motivos más comunes por los que los usuarios de bicicleta eligen este modo de transporte son por su precio y por menor tiempo de transporte, elegidos por un 43% y un 42% de usuarios respectivamente, como se observa en la Figura 3-18. El siguiente motivo es por motivos de salud, seguido por ser la bicicleta un modo de transporte más ecológico, y por facilidad de aparcamiento.

### 3.4.8 Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte

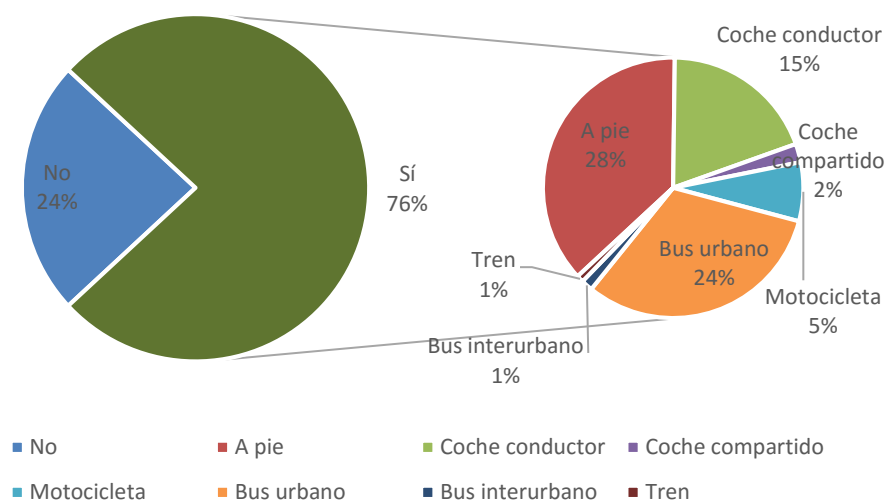


Figura 3-19. Resultados del proceso de encuestación. Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 3-19, casi un cuarto de los encuestados son usuarios fieles a la bicicleta desde sus inicios al transportarse, mientras que el resto se ha decantado posteriormente por este modo de transporte. De aquellos comenzaron a usar la bicicleta más tarde, un 28% realizaba el trayecto a pie, un 24% en bus urbano y un 15% en coche como conductor.

### 3.4.9 Uso de otros modos de transporte en el mismo trayecto

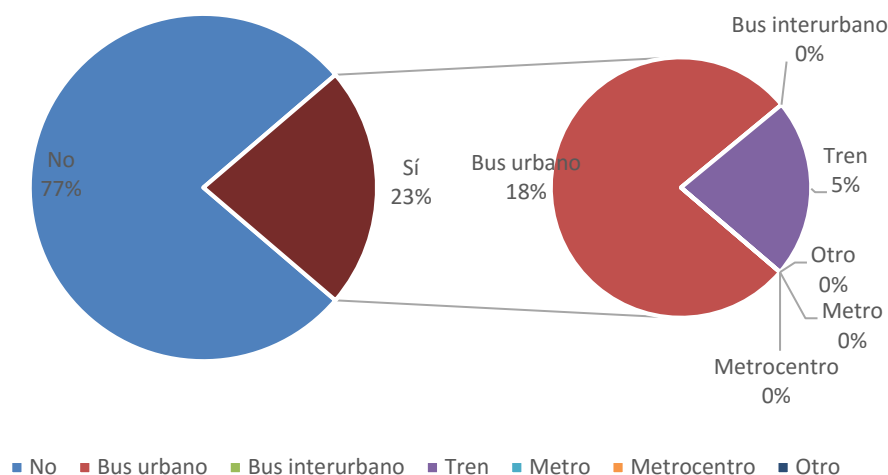


Figura 3-20. Resultados del proceso de encuestación. Uso de otros modos de transporte en el mismo trayecto.  
Fuente: Elaboración propia

Aunque en la descripción de esta variable en su sección correspondiente se explicara que los datos obtenidos no son válidos, puesto que un número desconocido de usuarios malinterpretaron la pregunta, se ha decidido mostrar en la Figura 3-20 lo recogido en el proceso de encuestación. La mayoría de los usuarios no utilizan otros modos de transporte en el mismo trayecto, mientras que el 25% que sí lo hace, se transporta mediante bus urbano principalmente, y tren.

De estos resultados se puede deducir además que aquellos que respondieron *Bus urbano* tampoco entendieron la pregunta, porque es difícilmente posible transportar una bicicleta en este modo de transporte. Como se recoge en la normativa de TUSAM<sup>5</sup>, empresa encargada de los autobuses urbanos en Sevilla, el transporte de bicicletas en sus vehículos solo se podrá realizar si estas están plegadas y guardadas en una bolsa.

### 3.4.10 Mejoras en el modo de transporte Bicicleta

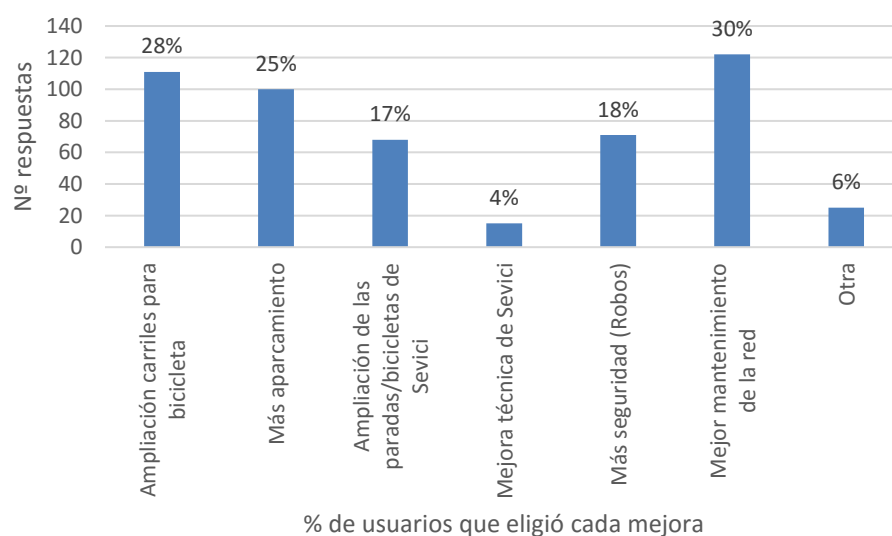


Figura 3-21. Resultados del proceso de encuestación. Mejoras en el modo de transporte Bicicleta.

<sup>5</sup> <http://tussam.es/index.php?id=727>

Fuente: Elaboración propia

Se les pidió a los usuarios de la bicicleta que aportaran su opinión acerca de las mejoras que necesitaría este modo de transporte en la ciudad (ver Figura 3-21). Un 30% de los encuestados coinciden en que la red de carriles necesita un mejor mantenimiento, debido a su deplorable estado en algunas zonas debido al mal uso y a su antigüedad. Prácticamente le dan la misma importancia a la ampliación de los carriles de bicicleta, así como más aparcamiento para estas, lo cual está acompañado por dotar de más seguridad a los aparcamientos ya existentes debido a los numerosos robos que se producen.

Sin embargo, los resultados son muy diferentes si se clasifican las respuestas en función del tipo de bicicleta empleada, en la Figura 3-22.

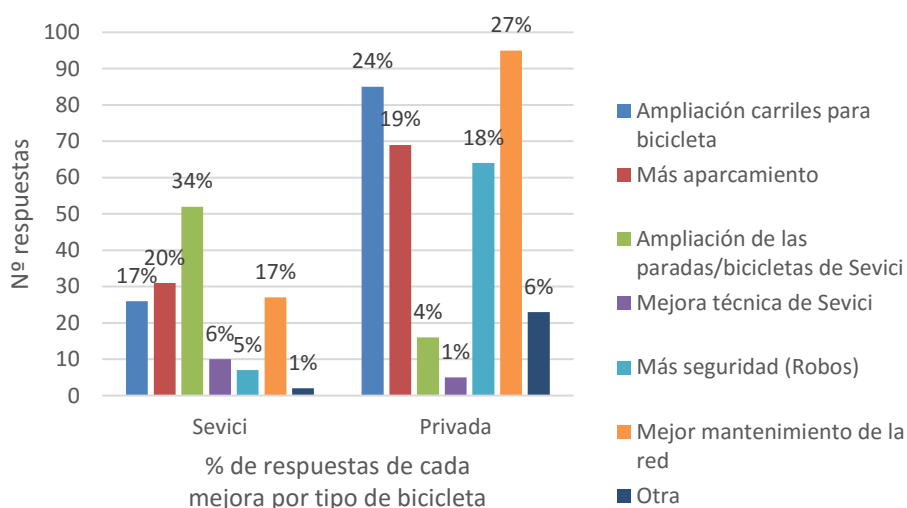


Figura 3-22. Resultados del proceso de encuestación. Mejoras en el modo de transporte Bicicleta en función del tipo de bicicleta empleada.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la bicicleta privada, los porcentajes de respuesta de cada mejora son similares a la distribución general. Sin embargo, para los usuarios de la bicicleta de Sevici, la mejora más demandada es la “Ampliación de las paradas/bicicletas de Sevici”, lógico por ser dicho tipo de bicicleta. Además, en este tipo destaca la categoría “Más aparcamiento”, superior que en la bicicleta privada, lo que se puede entender como un impedimento para el usuario de Sevici para cambiar a bicicleta privada.

Las dos siguientes mejoras más requeridas son la ampliación de los carriles para bicicleta y el mejor mantenimiento de la red, con porcentajes inferiores que para la bicicleta privada. Aunque sus porcentajes respecto al total sean menores, continúan siendo mejoras bastante demandadas.

Por último, a diferencia de la bicicleta privada, los usuarios de la bicicleta de Sevici muestran menor interés por que se mejore la seguridad (referida a robos), aunque este no es mínimo. Esto se puede entender también como un obstáculo para cambiar a bicicleta privada.

### 3.4.11 Problemas de seguridad detectados en el uso de la bicicleta

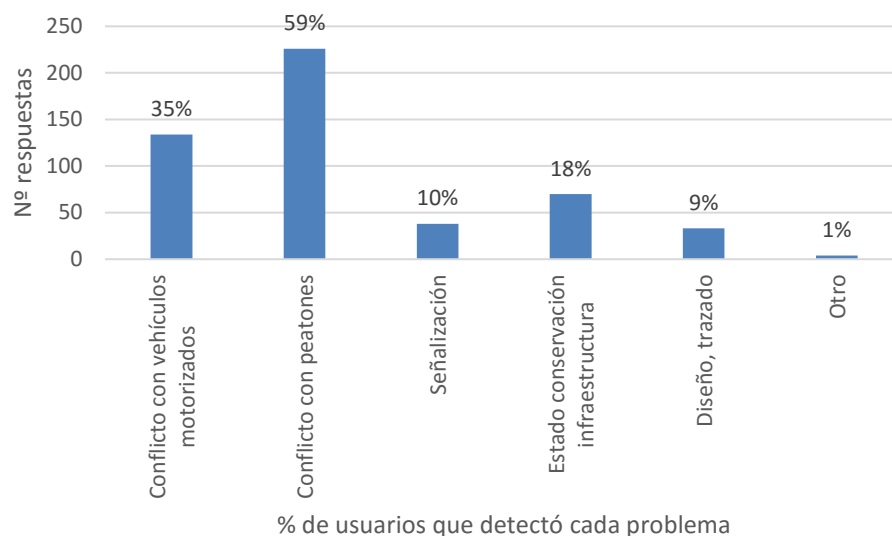


Figura 3-23. Resultados del proceso de encuestación. Problemas de seguridad detectados en el uso de la bicicleta.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 3-23, un gran porcentaje de los usuarios encuestados, el 59%, responde que encuentran un conflicto con los peatones cuando se transportan en bicicleta. En menor porcentaje, un 35% destaca que lo tienen con los vehículos motorizados, y en menor medida, el 18% de los usuarios detectan que el estado de conservación de la infraestructura viaria no es adecuado.

En esta variable no se ha comparado en función del tipo de bicicleta, pues no se considera que su tipología influya en la seguridad vial.

## 3.5. Comparación de resultados con el modelo de encuesta de SIBUS

Para observar la evolución a lo largo del tiempo del modo de transporte Bicicleta, se van a comparar los resultados obtenidos del proceso de encuestación con otros resultados de estudios anteriores.

Los últimos datos a los que se tiene acceso datan de 2011, y quedan recogidos en el estudio *Investigación sobre el uso de la bicicleta en la ciudad de Sevilla* (SIBUS, 2011). Los resultados de la comparación de estos estudios frente a los obtenidos de la encuesta presente, respecto a la caracterización del usuario, se muestran en la Tabla 9, observándose los siguientes aspectos:

- El número de mujeres que utilizan la bicicleta en la actualidad ha aumentado de forma leve, en cinco puntos.
- Se aprecia una bajada mínima del uso de la bicicleta de Sevisi.
- Las ocupaciones actuales predominantes de los usuarios de bicicletas continúan siendo “Estudiante” y “Trabajador”, aumentando su porcentaje respecto al 2011 en ambas actividades.

Tabla 9. Comparación de la caracterización del usuario de bicicleta entre el estudio de SIBUS de 2011 y el presente estudio realizado en 2017.

Datos del encuestado	Variable	Año 2011	Año 2017
<b>Género</b>	Hombre	68%	63%
	Mujer	32%	37%
<b>Tipo de bicicleta</b>	Sevisi	29%	28%

	Privada	71%	72%
<b>Ocupación actual</b>	Menor	1%	0%
	Estudiante	32%	37%
	Trabajador	42%	51%
	Ama/o de casa	6%	1%
	Jubilado/Pensionista	7%	4%
	Parado	11%	5%
	Otro	0%	1%

En cuanto a la evolución de la caracterización del tipo de viaje en bicicleta, mostrada en la Tabla 10, no incluye el análisis de la variable *Motivo de elección de la bicicleta*, puesto que el estudio de SIBUS realiza el reparto de porcentajes entre las respuestas de los encuestados en función del total de dichas repuestas, en lugar del número de encuestas realizadas. A continuación, se expone las conclusiones obtenidas:

- Han aumentado el número de usuarios que emplea la bicicleta como modo de transporte habitual. Se observa que ha disminuido levemente los usuarios que utilizan este vehículo solo los fines de semana, lo cual se puede deber a que la encuesta presente fue realizada principalmente en días laborables.
- Los motivos de viaje que continúan predominando son “Trabajo” y “Estudios”, y estos han aumentado su grado en relación con los otros motivos, dando señales de que la bicicleta se emplea para desplazamientos obligados.
- Ha aumentado ligeramente el número de usuarios que realizaba su trayecto anteriormente en otro modo de transporte. Cabe destacar que el reparto entre estos modos es similar al presente en 2011, aunque en la actualidad los usuarios que se trasladaban a pie suponen ocho puntos porcentuales más que en aquel año.

Tabla 10. Comparación de la caracterización del tipo de viaje en bicicleta entre el estudio de SIBUS de 2011 y el presente estudio realizado en 2017.

<b>Datos del viaje</b>	<b>Variable</b>	<b>Año 2011</b>	<b>Año 2017</b>
<b>Frecuencia de uso</b>	A diario	74%	81%
	Algún día por semana	23%	18%
	Algún día por mes	0%	0%
	Casi nunca	0%	0%
	Solo los fines de semana	3%	1%
<b>Motivo de viaje</b>	Trabajo	31%	43%
	Estudios	26%	32%
	Ocio	21%	16%

	Otro	22%	9%
<b>Realización anterior del trayecto en otro modo de transporte</b>	No	29%	24%
	A pie	20%	28%
	Coche conductor	16%	15%
	Coche compartido	2%	2%
	Motocicleta	3%	5%
	Bus urbano	26%	24%
	Bus interurbano	1%	1%
	Tren	1%	1%
	Taxi	1%	0%





# 4 RED DE CARRILES BICI

## 4.1. Descripción de la red

La red de carriles de bicicleta es un conjunto de vías específicas para el desplazamiento exclusivo en este modo de transporte. Está gestionada por la Gerencia de Urbanismo, que se dedica a su diseño, proyección y mantenimiento desde el año 2006, cuando se construyeron las primeras vías ciclistas en la ciudad. Constituida por más de 180 kilómetros de vías, está limitada al ámbito urbano de la ciudad de Sevilla, sin incluir aquellas vías correspondientes a otros términos municipales. La totalidad de la red está representada en la Figura 4-1, y un ejemplo de vía ciclista se muestra en la Figura 4-2.

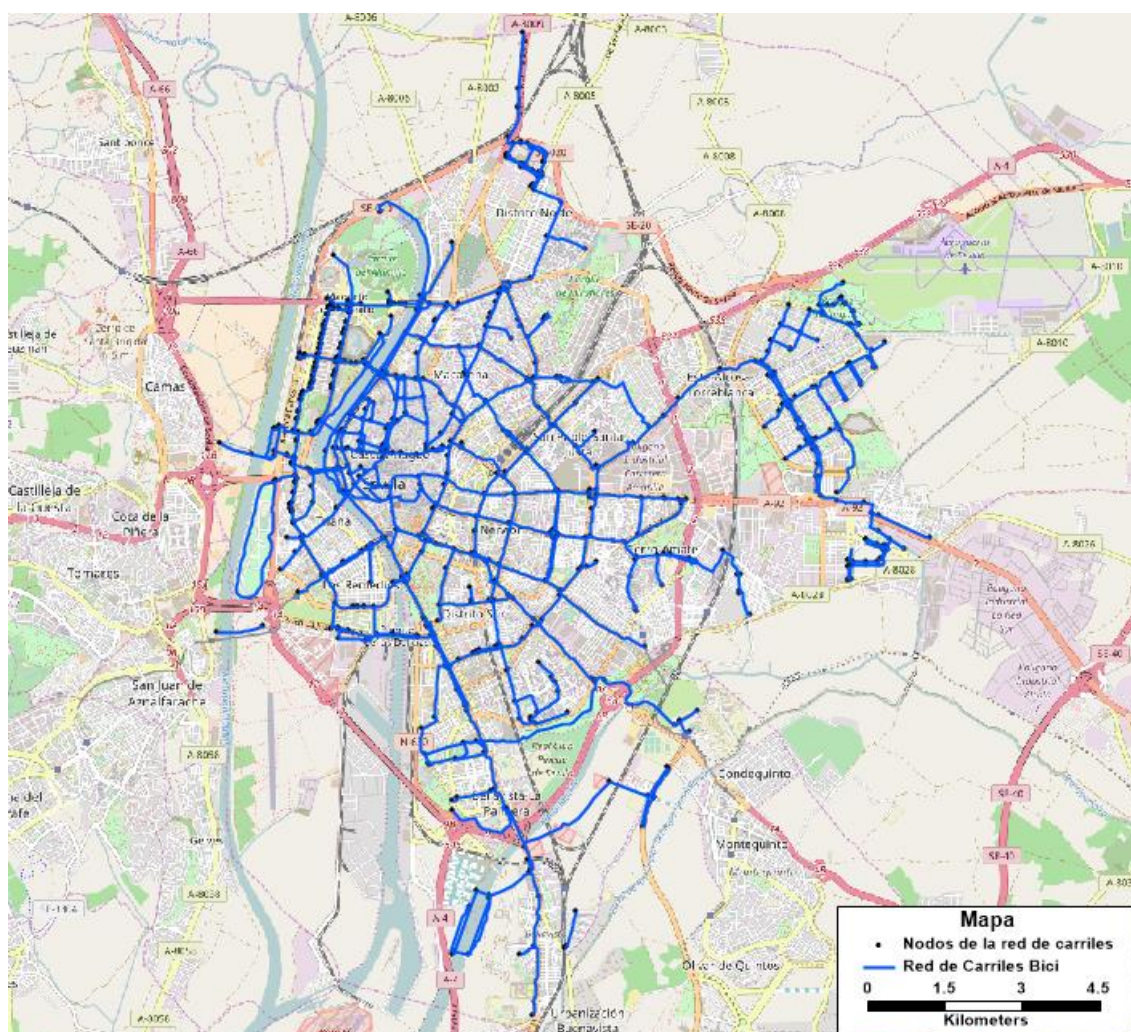


Figura 4-1. Red de carriles de bicicleta de Sevilla.  
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)



Figura 4-2. Vía ciclista en la Calle Macedonia.

Fuente: Elaboración propia

La red de carriles bici utilizada en este documento es el resultado de la corrección y modificación de una red inicial original proporcionada por el Ayuntamiento de Sevilla. No se ha considerado adecuada esta red de carriles bici debido a la falta de conectividad en ella, así como que carece de vías ciclistas presentes en la red real de transporte. Por ello, en este capítulo se van a disponer cuáles han sido las modificaciones realizadas sobre dicha red de carriles bici.

El software empleado principalmente para trabajar con la modelización de la red de carriles de bicicleta ha sido TransCAD, un SIG (Sistema de Información Geográfica) especializado en redes de transporte, y en menor medida QGIS, otro SIG, en este caso libre, de carácter general.

## 4.2. Componentes de la red

El archivo digitalizado que contiene la red de carriles bici está compuesto por unos elementos que la caracterizan, los cuales se describen a continuación:

### 4.2.1 Arcos de la red

La red de carriles está compuesta por arcos, que son la representación de las vías. Cada arco posee unas características que lo hacen único, como el tipo de vía o el sentido de circulación. A lo largo del estudio, se han atribuido nuevos campos a los arcos, con el fin de hacer lo más completa posible la red de carriles bici.

### 4.2.2 Zonificación

Con el objetivo de realizar un estudio macroscópico de la movilidad de la bicicleta, la ciudad de Sevilla y su corona metropolitana se han dividido en 271 zonas de transporte, de las cuales son de nuestro interés 162, correspondientes al municipio sevillano y por las que discurren vías ciclistas.

Esta división define zonas de origen y de destino de los numerosos trayectos posibles, y se representan en la red mediante la creación de centroides y arcos conectores. Dichas zonas de transporte se muestran en la Figura 4-3.



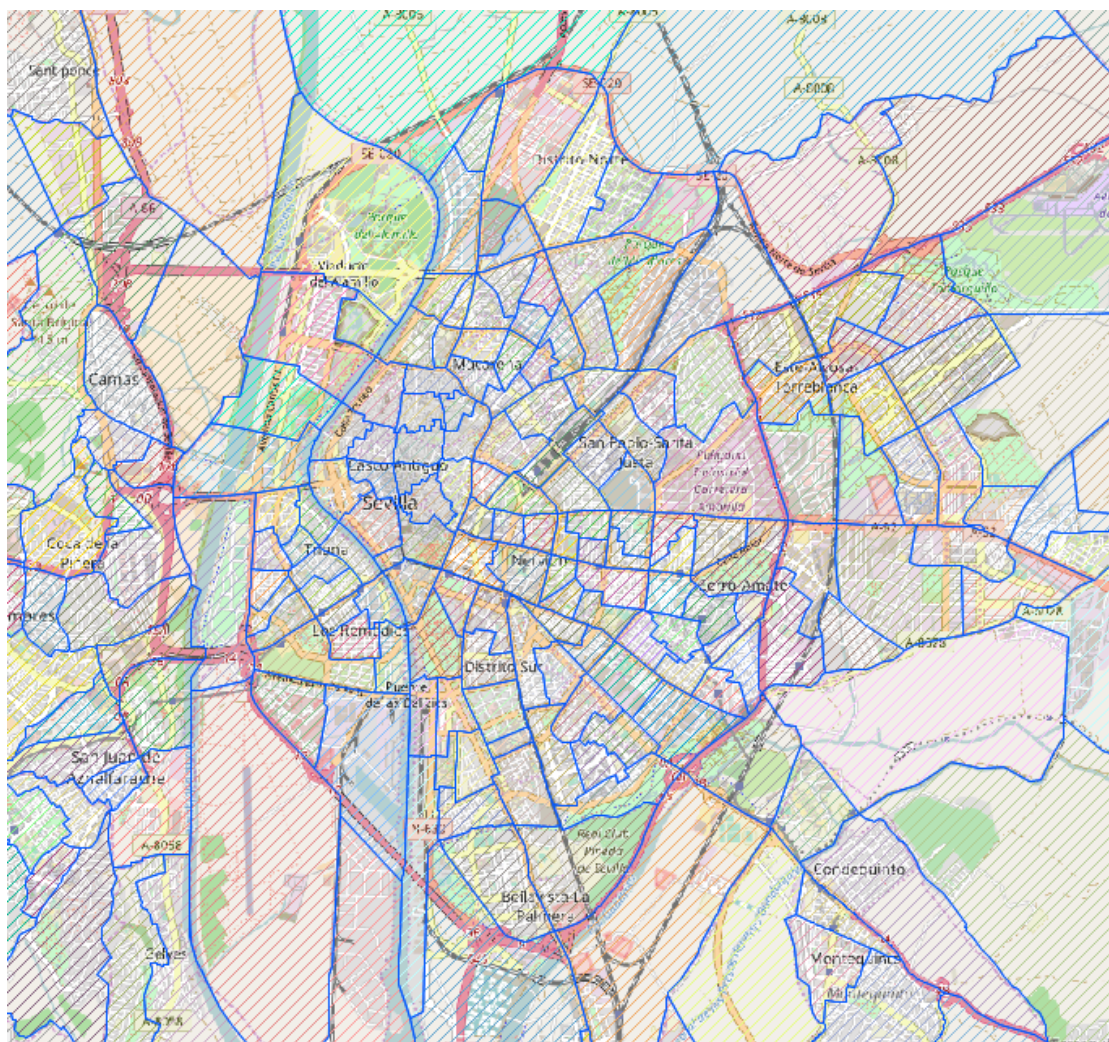


Figura 4-3 . Zonas de transporte de Sevilla.  
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

### 4.2.3 Nodos

Los nodos de la red son los puntos de inicio y fin de los arcos; cuando se crea o modifica un arco, se producen los cambios oportunos en la capa de nodos. Originalmente, no poseen propiedades propias a excepción de las coordenadas geográficas, pero en el trabajo se le han asignado su cota para determinar las pendientes de los arcos. Este proceso se explica en la subsección 4.3.5.

### 4.2.4 Centroides

Las zonas de transporte están representadas en la red de carriles bici mediante los centroides (ver Figura 4-4), que son puntos que concentran todos los viajes que tienen como origen o como destino esas zonas de transporte.



### 4.2.5 Conectores

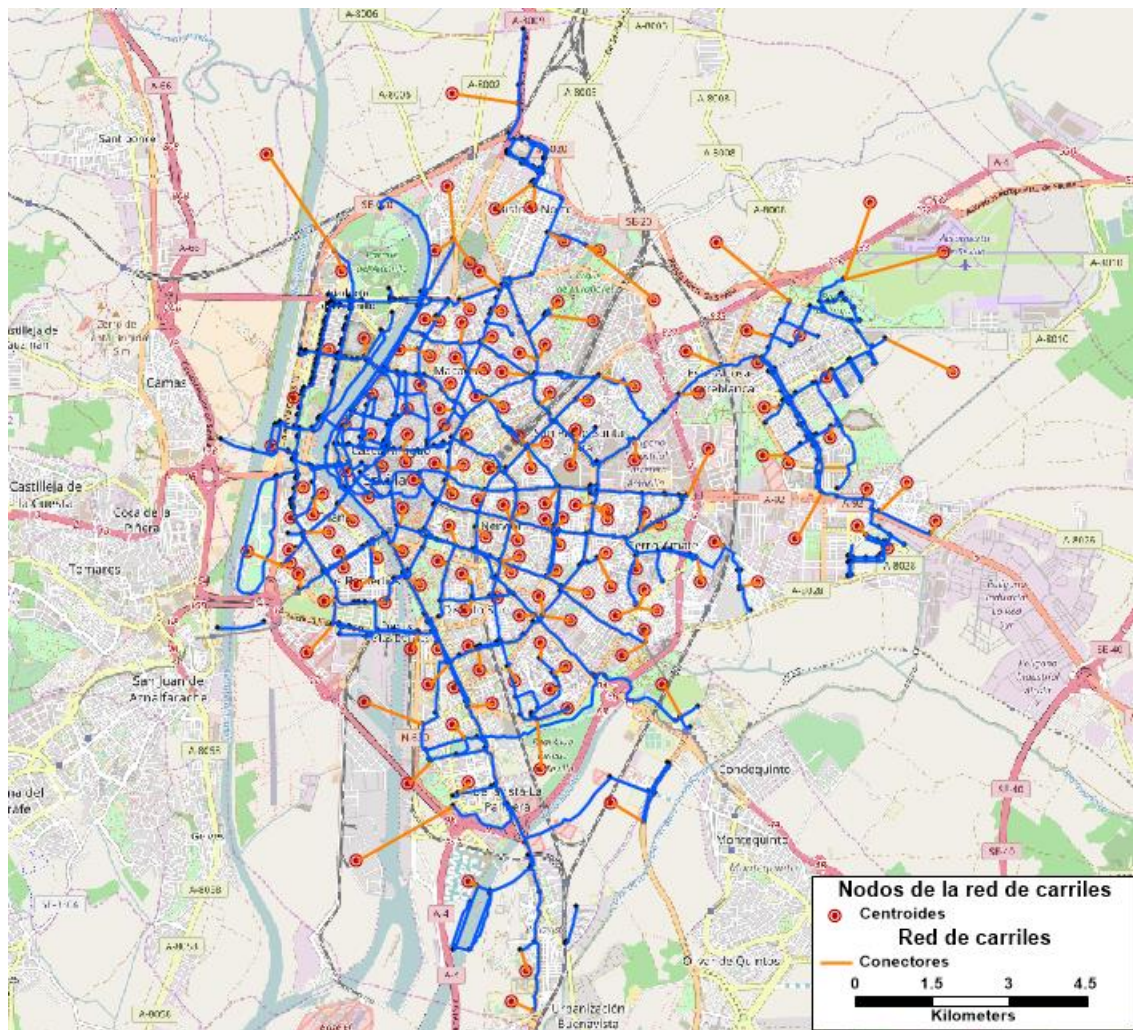


Figura 4-4. Red de carriles de bicicleta de Sevilla. Centroides y conectores.

Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Para permitir el flujo entre los centroides y la red de carriles es necesario generar unos arcos llamados conectores, como se observa en la Figura 4-4. En estos arcos especiales se agrupan todas las vías que salen o entran en cada zona de transporte.

### 4.3. Modificaciones en la red

La red inicial que se utiliza como base para este estudio ha sido proporcionada por el profesor de la Universidad de Sevilla Luis Miguel Romero. En primer lugar, ha sido extraída del Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Sevilla<sup>6</sup>, pero a lo largo de su extensión en la ciudad por la que discurre presenta zonas en las que no están representadas numerosas vías, por lo que el profesor las añadió manualmente con el fin de asegurar la conectividad entre todas las zonas de transporte. En la Figura 4-5 se pueden observar las diferencias entre la red base y la red modificada.

<sup>6</sup> <http://datosabiertos.sevilla.org/>

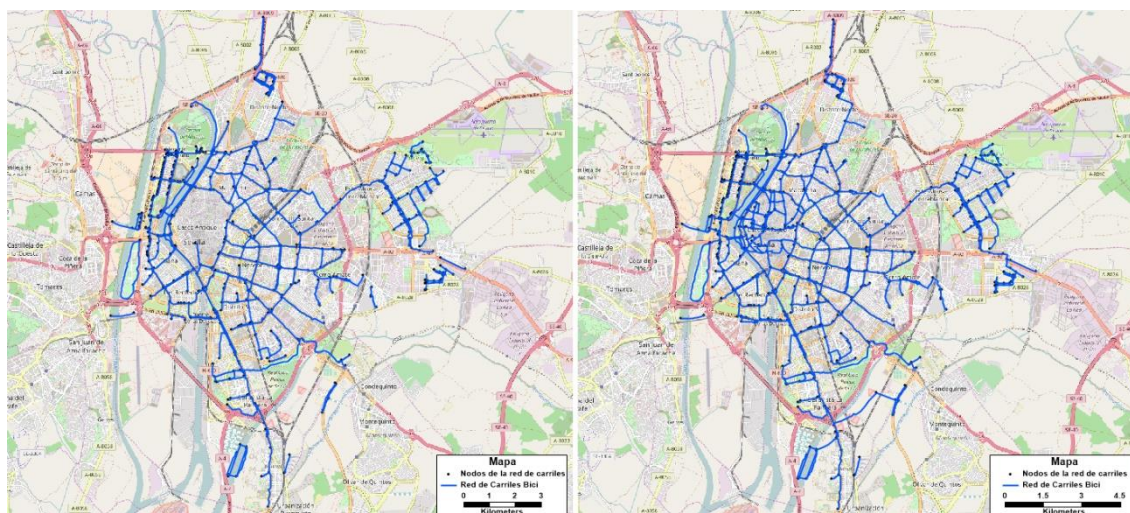


Figura 4-5. Comparación entre la red inicial (izquierda) y la red modificada (derecha)  
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Las diferentes modificaciones realizadas en la red de carriles bici se pueden clasificar en dos categorías generales: físicas, que son aquellas relacionadas con la geometría de los elementos, y de propiedades, relativo a sus características intrínsecas.

#### 4.3.1 Conectividad

Partiendo de la red facilitada por el profesor Luis Miguel Romero, tutor de este trabajo, el primer paso para obtener una red de transporte de bicicletas correcta y útil es comprobar la conectividad en la red. Para ello se emplea la herramienta de TransCAD *Check Line Layer Connectivity*, la cual detecta los problemas de conectividad en los nodos de la red tras introducir un radio de comprobación de la herramienta, distinguiendo tres tipos de incidencias:

- Nivel 1 (en color rojo) contiene los nodos que tienen únicamente un arco conectado.
- Nivel 2 (en color verde) contiene los nodos que tienen dos arcos conectados.
- Nivel 3 (en color amarillo) contiene los nodos que tienen tres o más arcos conectados.

Una vez mostrados los nodos afectados, se solucionan los problemas existentes. En su mayoría se trata de nodos de Nivel 1 que están separados por una distancia ínfima y que, por error en la modelización de la red, no han sido conectados correctamente. También aparecen problemas similares de los Niveles 2 y 3. Para solucionarlos, sin importar el Nivel al que perteneciera la incidencia, se han corregido manualmente.

Cabe destacar que esta herramienta empleada detecta como problema de conectividad los nodos centroides, los cuales se caracterizan por estar conectados únicamente por un arco al resto de la red, por lo que no requieren solución alguna.

#### 4.3.2 Origen de los arcos

Esta modificación no afecta al modelo de la red de carriles bici, sino que es una complementación para informar sobre la procedencia de los arcos que la componen. Aparece como un campo denominado *OrigenCampo*, y su clasificación y su número de identificación son los siguientes:

- 1: Vías ciclistas pertenecientes a la red base original proporcionada por el Ayuntamiento de Sevilla.
- 2: Arcos pertenecientes a la Zona Centro de Sevilla, donde no existe carril bici exclusivo para los ciclistas y la calzada es compartida por vehículos motorizados y bicicletas. Esta zona se denomina Zona 30, debido a que la velocidad máxima permitida es de 30 km/h o inferior, y existe prioridad para los peatones y los ciclistas en la mayoría de las vías.
- 3: Arcos conectores, que unen los nodos Centroides con la red.
- 4: Arcos añadidos posteriormente para corregir los problemas de conectividad.



- 5: Arcos resultantes de la modificación de arcos de la red base original. Pueden deberse a que estos hayan sido divididos en dos o por la unión de dos arcos (generalmente en pasos a nivel).
- 6: Arco perteneciente a la red base que ha sido desplazado, o aumentado o disminuido de tamaño.
- 11: Arcos creados por el profesor para hacer la red continua, antes de realizar las primeras modificaciones comentadas anteriormente.

Esta clasificación se observa en la Figura 4-6.

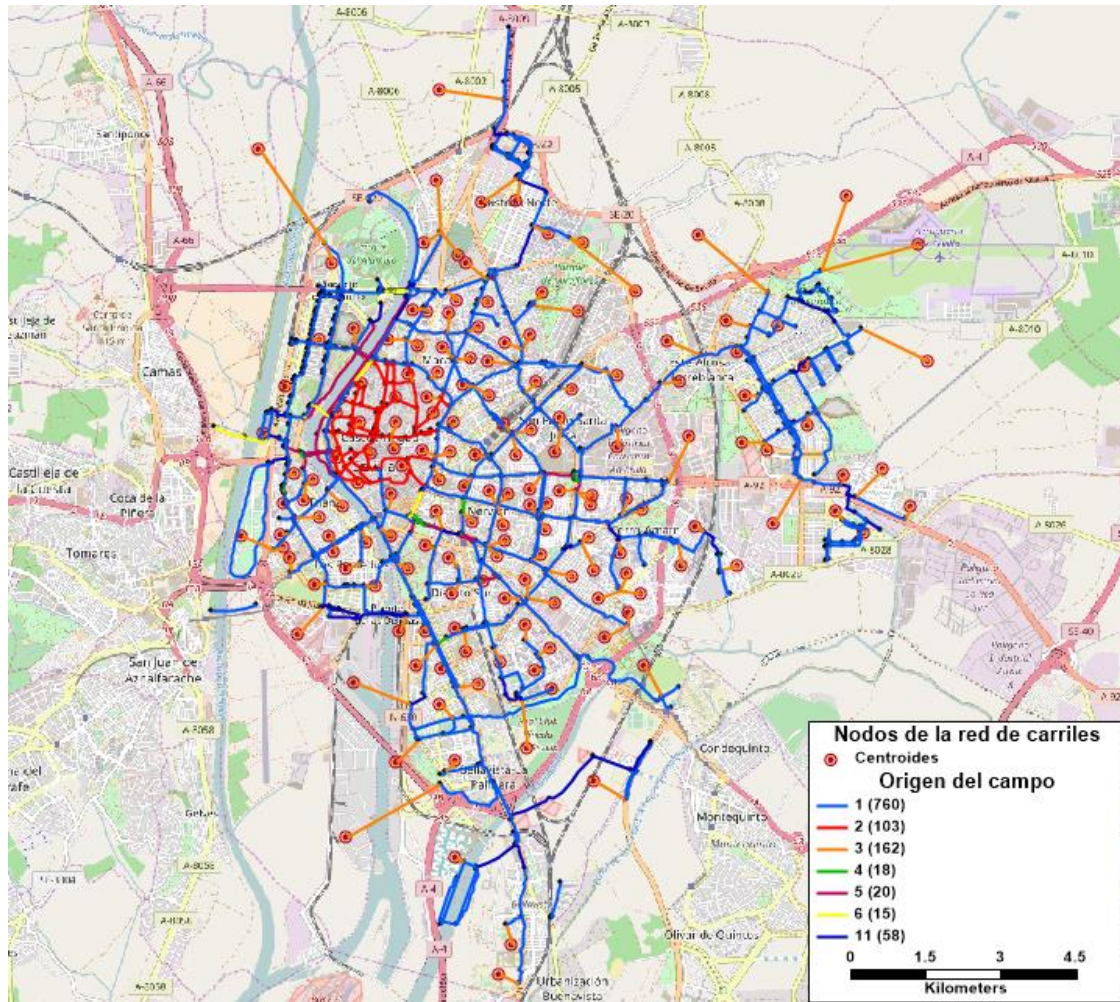


Figura 4-6. Origen de los campos.  
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

### 4.3.3 Tipo de vía

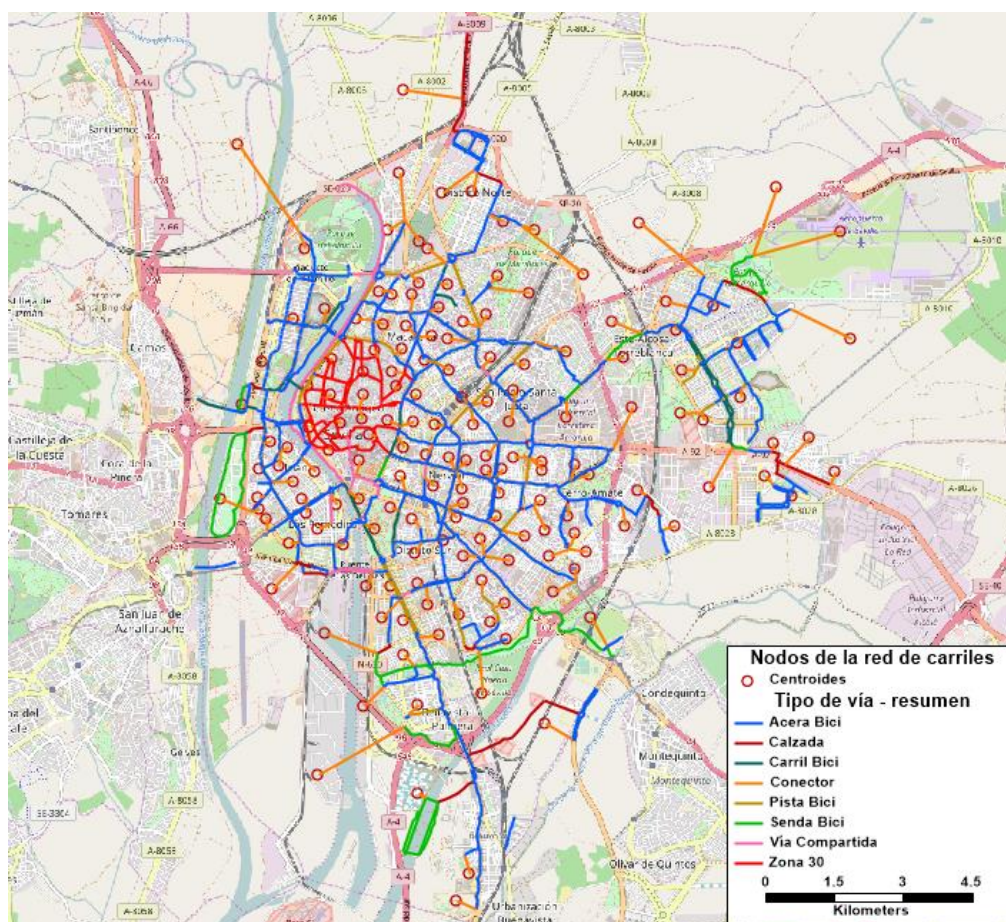


Figura 4-7. Tipología de vías ciclistas de Sevilla.

Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

El campo *Tipo de Vía*, representado en la Figura 4-7, muestra la clasificación de los arcos de la red de carriles bici según las normativas empleadas por el Ayuntamiento de Sevilla y la Junta de Andalucía, priorizando la primera por estar centrada en la ciudad de Sevilla. Sin embargo, se han tenido en cuenta ambas por considerar que la normativa local no abarca todas las tipologías existentes. De esta forma, la clasificación de la red de vías ciclistas se muestra en la Figura 4-12, y es la siguiente:

- Acera Bici (ver Figura 4-8): vías para bicicletas integradas en la acera, señalizadas mediante elementos diferenciados que las segregan del espacio propiamente peatonal. Podrán ser de un sentido o de doble sentido. Se pueden distinguir dos tipos en función de estos elementos diferenciadores:
  - Acera Bici: la más común, es una vía con un pavimento específico de las vías ciclistas.
  - Acera Bici Sólo Pintado: como su nombre indica, este tipo de vía discurre sobre la acera, sin distinción de pavimento, y está señalizada por pintura que delimita los límites de la vía y de los carriles, además de por unos elementos separadores de pequeñas dimensiones.

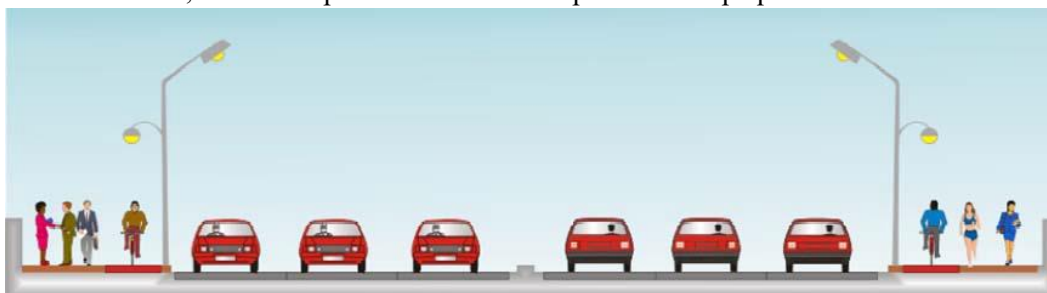


Figura 4-8. Esquema de la tipología "Aceras bici"



Fuente: Gerencia de Urbanismo

- Pista Bici (ver Figura 4-9): vías para bicicletas segregadas físicamente de la calzada y de los peatones. Podrán ser de un sentido o de doble sentido.



Figura 4-9. Esquema de la tipología "Pista bici"

Fuente: Gerencia de Urbanismo

- Senda Bici (ver Figura 4-10): vías para bicicletas y peatones que discurren por espacios abiertos, parques o jardines. Puede existir algún tipo de tratamiento físico, visual o señalización que segregue el espacio de las bicicletas del peatonal.



Figura 4-10. Esquema de la tipología "Senda bici"

Fuente: Gerencia de Urbanismo

- Carril Bici (ver Figura 4-11): vías para bicicletas que forman parte de la calzada en vías urbanas. Podrán ser de un sentido o de doble sentido. Se diferencian dos tipos:
  - Carril Bici Protegido: están provistos de elementos que lo separan físicamente del resto de la calzada, que impiden la invasión del carril bici por parte de los vehículos motorizados.
  - Carril Bici No Protegido: vía ciclista que discurre adosada a la calzada, sin elementos físicos separadores que la protejan de los vehículos motorizados.

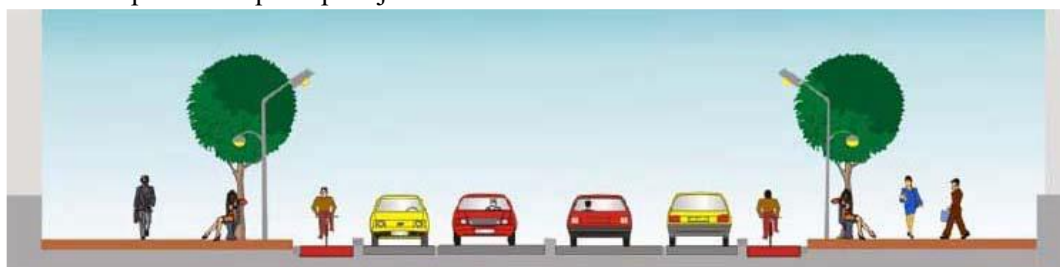


Figura 4-11. Esquema de la tipología "Carril bici"

Fuente: Gerencia de Urbanismo

- Vía Compartida: vías para bicicletas que comparten el espacio con los peatones. Se distinguen dos tipos:
  - Vía Compartida Prioridad Peatonal: los peatones tienen prioridad frente a las bicicletas en estas vías
  - Vía Compartida: los peatones y las bicicletas comparten las vías, sin preferencia para los peatones.



- Zona 30: estas vías se corresponden con la calzada del centro de la ciudad, por lo que no existe segregación con el tráfico de vehículos motorizados, y se denominan así por estar sometidas a la normativa implantada en diciembre de 2016, por la cual la velocidad máxima permitida es de 30 km/h o inferior, teniendo prioridad en la mayoría de vías los peatones y los ciclistas según las señalizaciones correspondientes.
- Calzada: como su nombre indica, se corresponden con partes de la calzada, empleando el mismo espacio viario que los vehículos motorizados. Surgen por la necesidad de conectar zonas de transporte inconexas, empleando los recursos existentes.
- Conectores: son arcos que conectan los nodos Centroides de cada zona de transporte con el resto de vías ciclistas de la red. Con ellos se busca representar los flujos de atracción y generación de cada zona de transporte.

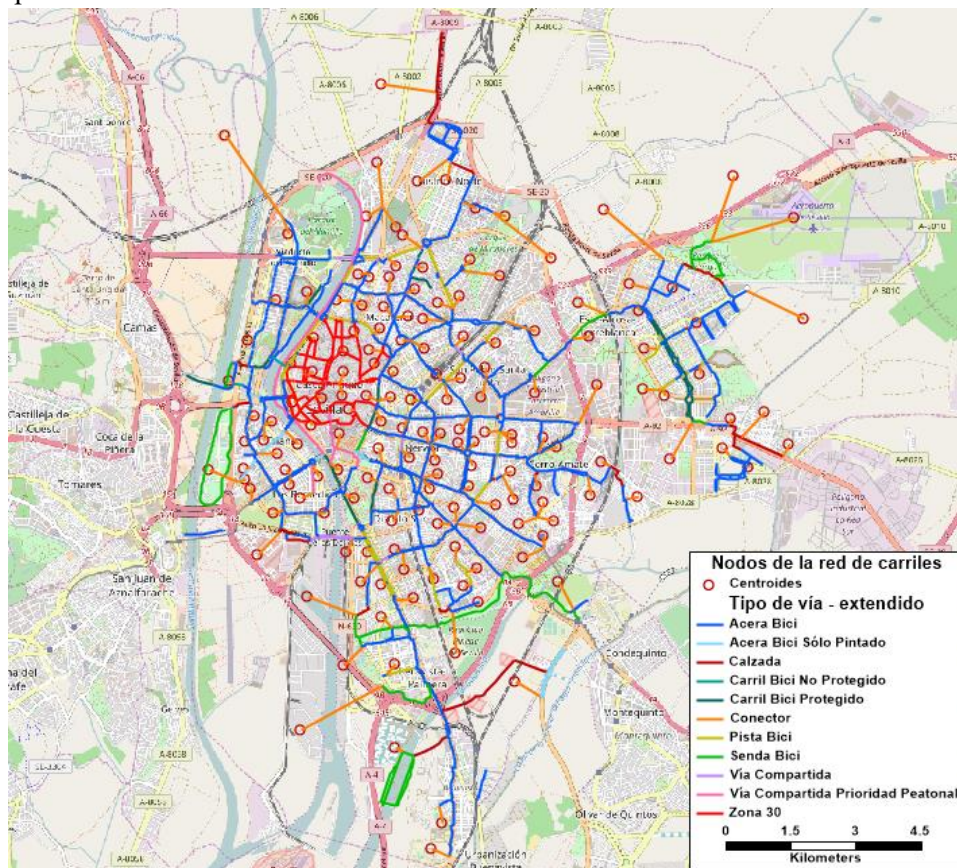


Figura 4-12. Tipología de vías ciclistas de Sevilla. Clasificación extendida.

Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

#### 4.3.4 Sentido de flujo de las vías ciclistas

Las vías ciclistas, cuando son modelizadas, adquieren un sentido de orientación en función de los nodos iniciales y finales propios. Sin embargo, este sentido topológico no se corresponde en la mayoría de los casos con el sentido de flujo. TransCAD tiene una clasificación en función de si el sentido de flujo se corresponde o no con el topológico, y es la siguiente:

- 1: el sentido de flujo se corresponde con el topológico
- -1: el sentido de flujo es el contrario al topológico
- 0: el arco de la red tiene ambos sentidos de flujo

En la Figura 4-13 se muestran si las vías son de doble sentido o, por el contrario, de sentido único.



$$\hat{z}_j = \frac{\sum_i \frac{z_i}{d_{ij}}}{\sum_i \frac{1}{d_{ij}}} \quad (1)$$

Donde  $\hat{z}_j$  es la cota calculada para el nodo  $j$  de la red de vías ciclistas;  $z_i$  la cota del punto  $i$  del MDT y  $d_{ij}$  la distancia entre el punto  $i$  y el nodo  $j$ .

Al ser la extensión de la ciudad de Sevilla tan vasta, el archivo vectorial obtenido del MDT tiene una cantidad de puntos inmensa, por lo que no resulta computacionalmente óptimo realizar la interpolación con todos los puntos. Por ello, se han seleccionado únicamente aquellos que estén a una distancia próxima.

Primeramente, se ha empleado la herramienta *Buffer de distancia fija* sobre los nodos de la red con un valor de 10, lo cual crea un archivo vectorial de polígonos de círculos centrados en los nodos de la red de radio 10 metros. Este valor ha sido elegido porque es el ancho de cada celda de ráster, por lo que al ejecutar esta herramienta el *buffer* de cada punto abarcará, como máximo, a 4 puntos del archivo vectorial del MDT. Empleando la herramienta *Seleccionar por localización* se guarda en un único archivo vectorial de puntos cuáles son aquellos situados dentro del límite del *buffer*.

A continuación, la herramienta *Matriz de distancia* genera una matriz que muestra la distancia entre los puntos de los dos archivos vectoriales de puntos, el del MDT, que contiene 2809, y de los nodos de la red de vías ciclistas, que tiene 976. Por tanto, esta matriz tendría un total de  $2809 \times 976 = 2741584$  valores. Al ser una gran cantidad de datos, la mayoría innecesarios, establecemos que esta herramienta mida solo la distancia a aquellos 4 puntos más cercanos, por lo que finalmente se obtendría una matriz con  $976 \times 4 = 3904$  valores. Descartando aquellos puntos cuyas distancias sean mayores a 10 metros, se calcula la cota de cada nodo de la red mediante la fórmula de interpolación de IDW explicada anteriormente.

Posteriormente, se importa en TransCAD la información de las alturas y se une la información a la capa de los nodos de la red. En la Figura 4-14 se puede observar los resultados obtenidos.



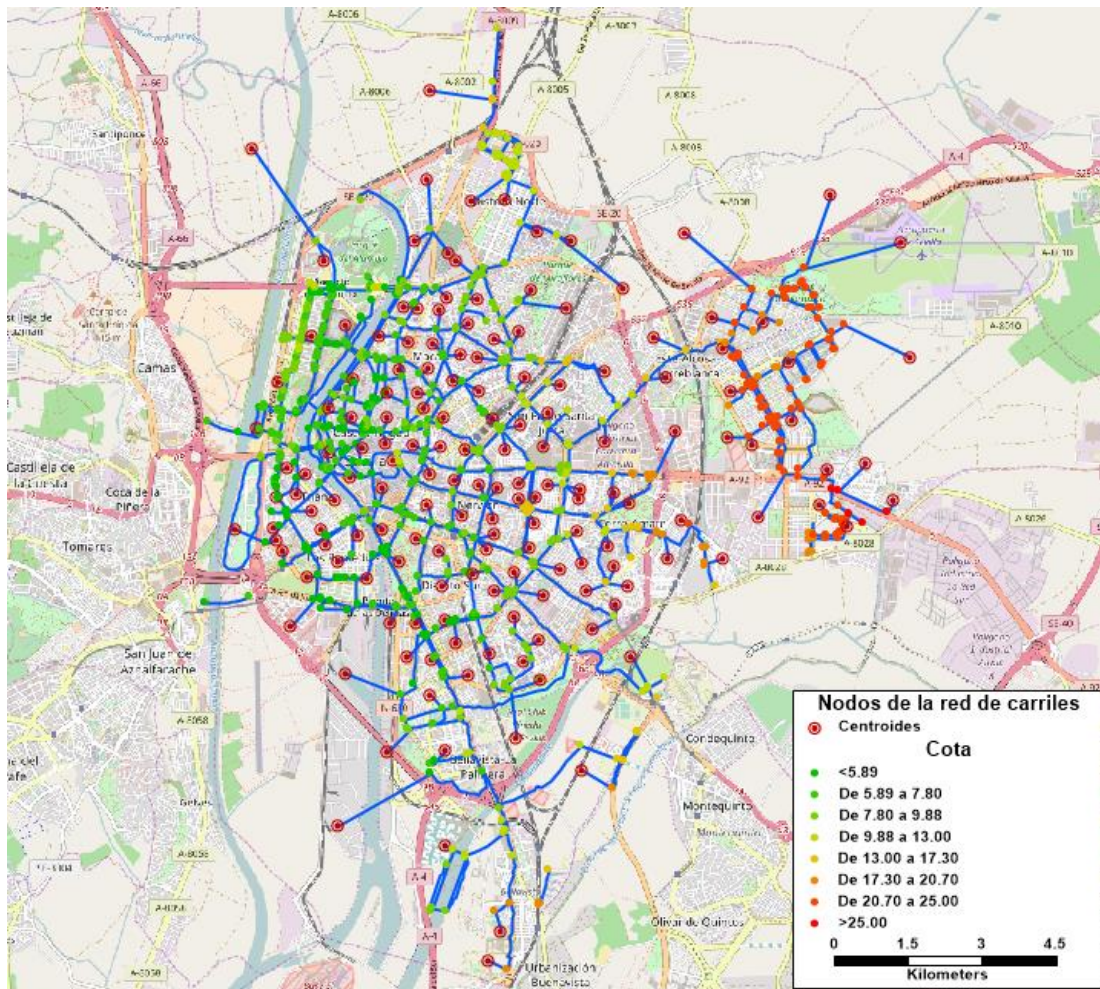


Figura 4-14. Cota de los nodos de la red ciclista.

Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

#### 4.3.6 Pendiente de los arcos de la red

Tras obtener las cotas de los nodos de la red en la capa de nodos de TransCAD, el software detecta dos nuevos campos en la capa de arcos de la red: cota del nodo inicial y cota del nodo final de cada arco. Al distinguir entre nodo inicial y nodo final, se puede calcular la pendiente para ambos sentidos de flujo. De esta forma, la fórmula de la pendiente para el sentido topológico de un arco  $i$  se muestra en la Ecuación (2).

$$Pendiente_i = \frac{z_B - z_A}{longitud_i} \quad (2)$$

Donde  $z_A$  es la cota del nodo inicial;  $z_B$  la cota del nodo final y  $longitud_a$  es la longitud del arco  $i$ .

La pendiente para el sentido opuesto al topológico tiene el mismo valor que el anterior, pero de signo contrario. Queda representada en la Figura 4-15.

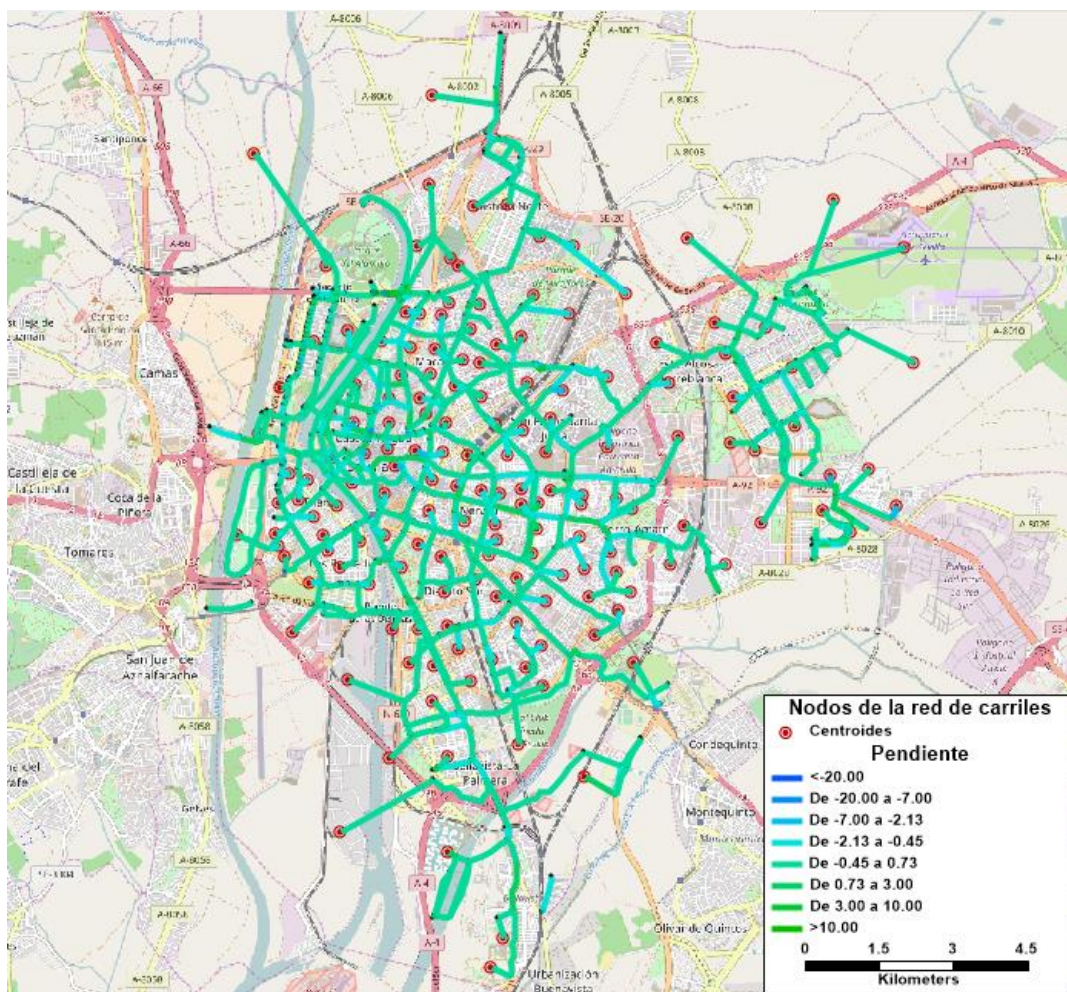


Figura 4-15. Pendiente de los arcos de la red ciclista.  
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)





# 5 SERVICIO DE PRÉSTAMO DE BICICLETA PÚBLICA: SEVICI

## 5.1. Descripción

Sevici es un servicio de alquiler de bicicletas públicas implantado en la ciudad de Sevilla en julio de 2007. Está promovido por el Ayuntamiento de Sevilla y explotado por la empresa JCDecaux. El servicio contaba con 31.782 usuarios de larga duración en el año 2016, y dispone de 260 estaciones distribuidas por la ciudad (ver Figura 5-1), para el préstamo y devolución de las bicicletas, como se observa en la Figura 5-2. Cada estación tiene un conjunto de bornetas, elementos para anclar las bicicletas, que suman un total de 5.089 unidades. El número de bornetas de cada estación, así como su dirección, se pueden consultar en el Anexo D.



Figura 5-1. Estación de Sevici, nº 206

Fuente: Elaboración propia

Además, la empresa JCDecaux lleva a cabo un proceso de rotación de bicicletas, con el que traslada un número determinado de bicicletas de unas estaciones a otras con el fin de mejorar el servicio. Así, conociendo previamente las estaciones de origen y destino de los trayectos más frecuentes, puede retirar bicicletas en aquellas estaciones donde prevén una llegada de estas, y depositarlas en aquellas estaciones donde exista demanda.





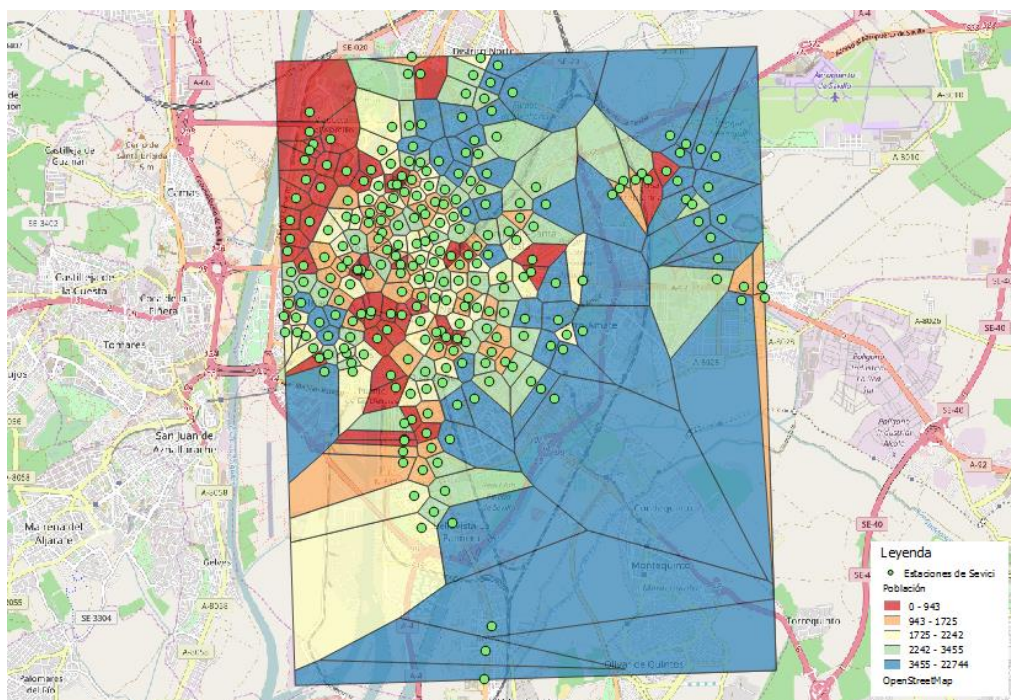


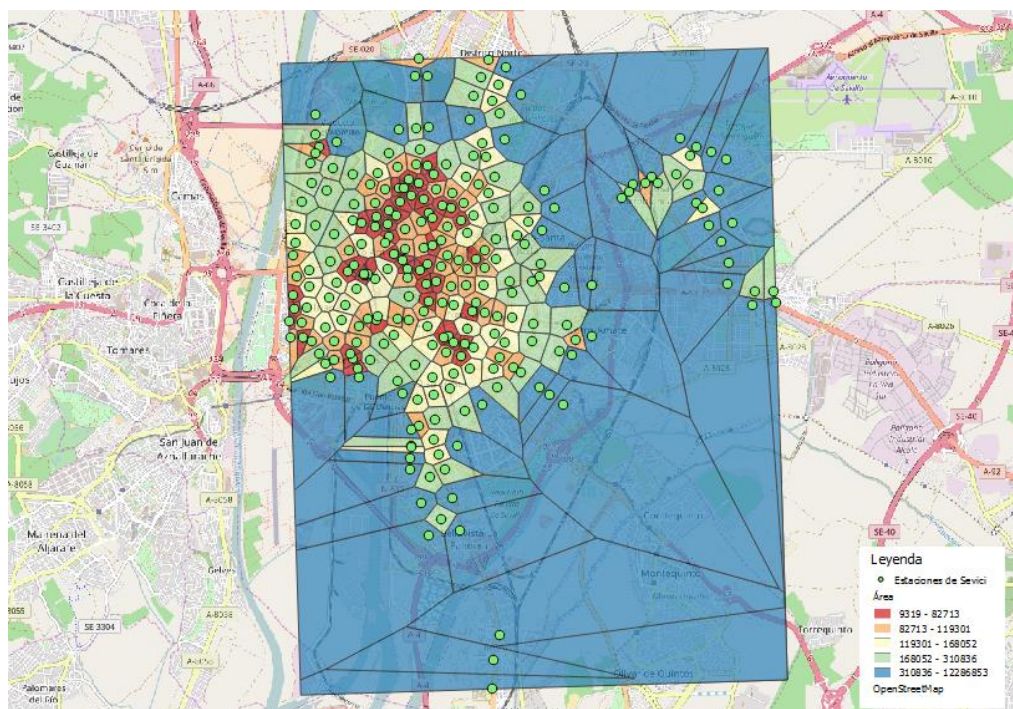
Figura 5-3. Clasificación de población en Diagramas de Voronoi de las estaciones de Sevisi  
Fuente: Elaboración propia (QGIS)

En la Figura 5-3 se muestra a qué cantidad de población corresponde cada estación de Sevisi. Se puede observar que el reparto de bicicletas por la ciudad es homogéneo, aunque a medida que se avanza hacia el sur se comprueba un descenso de las estaciones de Sevisi. Un efecto similar se da al este de la ciudad, en las zonas de Sevilla Este y Torreblanca.

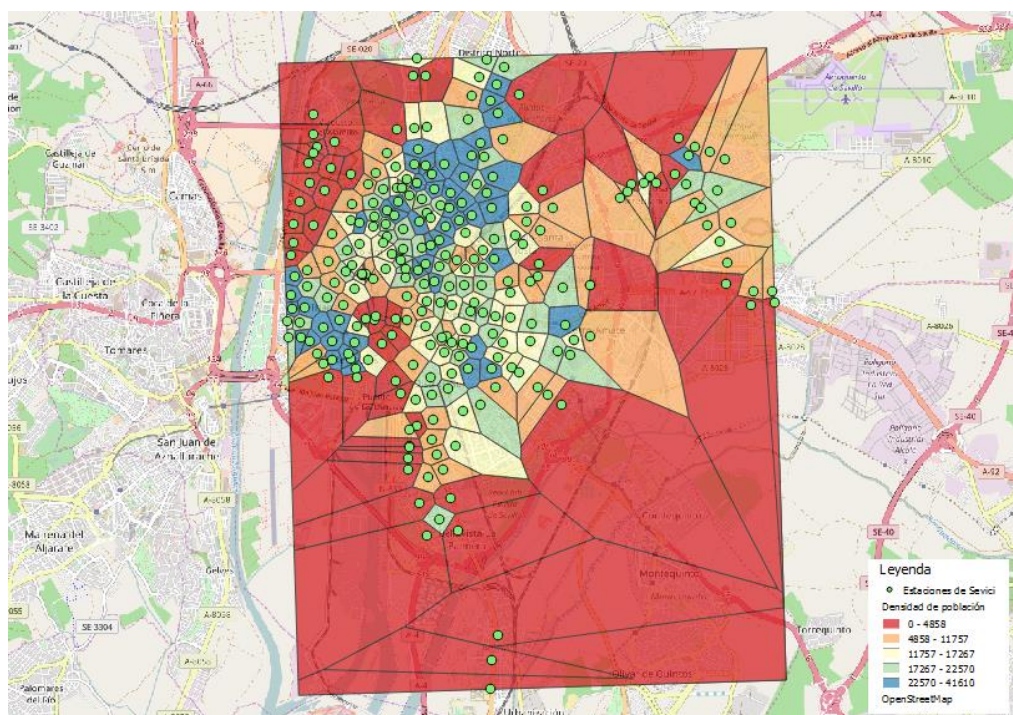
Cabe destacar una zona situada al noroeste de la ciudad donde los Diagramas de Voronoi tienen asociados datos de población nulos. Esto se debe a que es una zona declarada no residencial, donde se sitúa el Parque Tecnológico de la Cartuja, el cual alberga numerosas empresas y centros de estudios universitarios, entre otras actividades, por lo que justifica la alta presencia de estaciones de Sevisi.

Como conclusión se obtiene que los datos de población son insuficientes para el estudio del reparto de las estaciones de Sevisi, por lo que habría que recurrir a los usos de suelo, entre otros, aunque esto queda fuera del presente documento.

No obstante, se continúa analizando las áreas de influencia, en este caso en función del área de las regiones de Voronoi, mostrado en la Figura 5-4. Aunque pueda parecer evidente, las regiones con menor superficie son aquellas situadas en el centro de la ciudad, y a medida que avanza hacia zonas no residenciales estas regiones se vuelven cada vez más extensas, teniendo que abastecer la estación correspondiente a mayor área.



En concordancia con los anteriores aspectos se encuentra la densidad de población, que relaciona la población y el área de cada región de Voronoi (ver Figura 5-5), lo que expresa a cuánta población por área proporciona servicio cada estación de Sevisi. Aquellas zonas más densamente pobladas serían zonas de atracción y de generación y, por lo tanto, puntos estratégicos donde aumentar el número de puestos de bicicletas, de forma que crezca las bicicletas disponibles por habitante.





# 6 FUENTES DE INFORMACIÓN

## 6.1. Eco-contadores

### 6.1.1 Definición

Un método de conteo de tráfico de bicicletas es el empleo de los Eco-Contadores. Son unos dispositivos colocados a lo largo de la red de vías ciclistas, basados en la tecnología de bucle magneto-inductivo (bucle Zelt). Consisten en unos sensores que cuentan, almacenan y transfieren permanentemente el número de ciclistas que circulan sobre ellos al servidor de la Gerencia de Urbanismo, que es la entidad encargada de su mantenimiento. Tienen la capacidad de distinguir el sentido de circulación, así como a los ciclistas de los peatones, contando únicamente el paso de los primeros. Se puede observar un ejemplo de eco-contador en la ciudad en la Figura 6-1.



Figura 6-1. Eco-contador 8, en la vía ciclista de la Avenida Reina Mercedes

Fuente: Elaboración propia

Es un sistema de conteo instalado por el Ayuntamiento de Sevilla, que ha dispuesto por la ciudad un total de 10 de estos dispositivos, de los cuales al menos dos no presentan señal de funcionamiento en la actualidad. La posición de estos eco-contadores se puede consultar en la Figura 6-2.

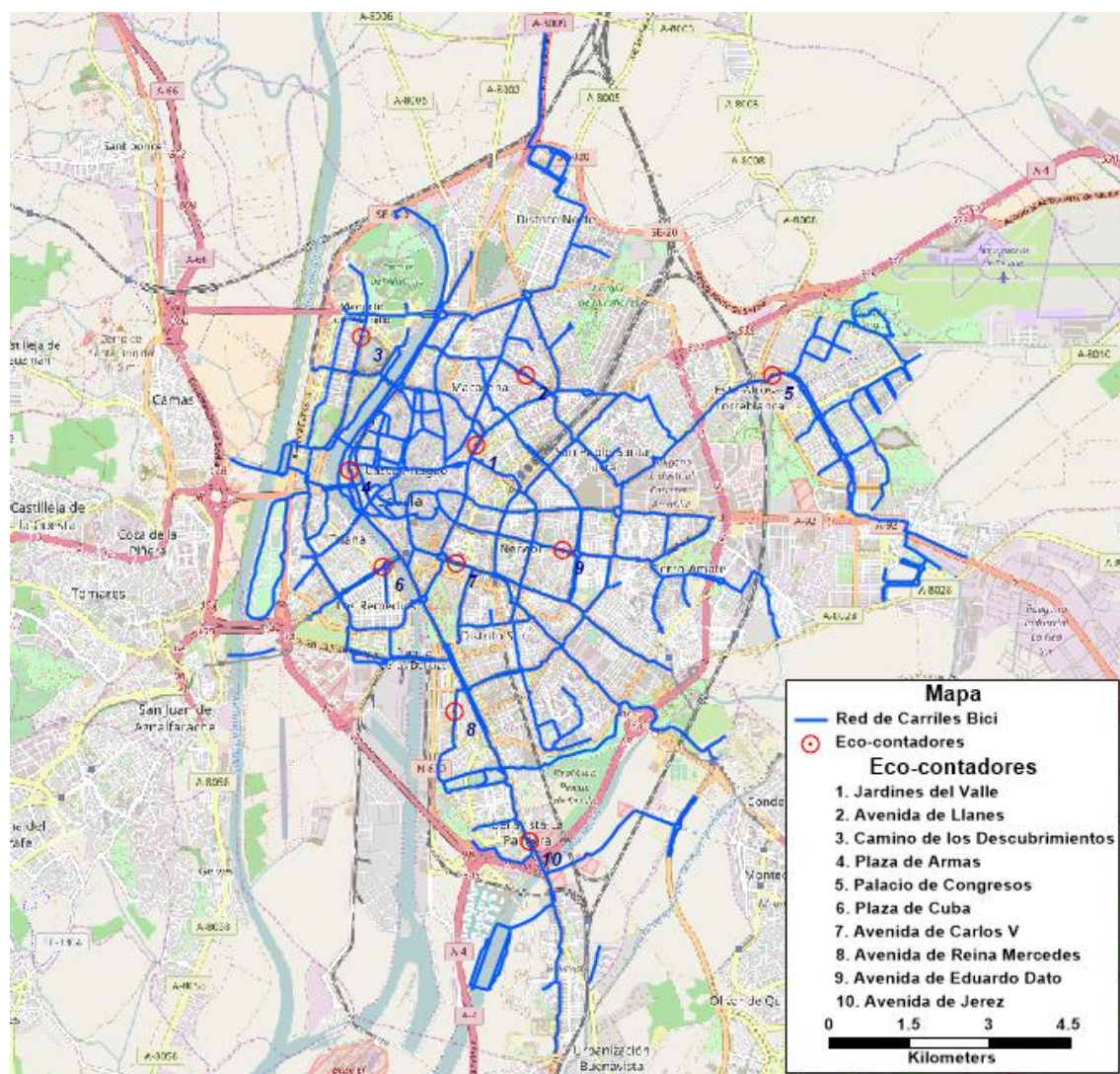


Figura 6-2. Eco-contadores en la red ciclista  
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

### 6.1.2 Datos

La Gerencia de Urbanismo ha puesto a disposición de toda la ciudadanía los datos almacenados por los eco-contadores durante el primer semestre del año 2013, año de inicio de su servicio. Estos datos están presentados por semanas para cada eco-contador, diferenciando entre días laborables y festivos, así como para cada hora del día. En la Figura 6-3 se muestra un ejemplo de dichos datos.

Como estos datos están expresados para toda la semana, se ha establecido el número de días de cada semana del primer semestre y se ha calculado la cantidad media diaria de pasos de bicicleta, obteniendo de esta forma la distribución horaria de un día medio, laborable o festivo, de cualquier semana del primer semestre del 2013

Por otro lado, la Gerencia de Urbanismo tiene planeado la creación de una nueva web en un futuro cercano, donde facilitará los datos más actualizados de estos eco-contadores, y a los que se ha tenido acceso gracias a la ayuda de Don Emilio Minguito Sarrión, Jefe de Sección de la Oficina de la Bicicleta de la Gerencia de Urbanismo.

Los datos cedidos corresponden al año actual 2017, de los meses de enero, febrero y marzo, de todos los eco-contadores, a excepción de los números 3 y 10. En esta ocasión, la información ha sido proporcionada en valores absolutos del día, sin distinción horaria.

A pesar de que tienen mayor exactitud respecto a los datos de 2013, que son valores medios diarios de cada semana, no disponemos de la distribución horaria del día, lo cual resulta de mayor interés en este estudio, además



de poseer únicamente los datos del primer trimestre, así como los del mes de abril y medio mes de mayo del contador 1, precisando cierta homogeneidad en los datos empleados.

Por ello, cabe remarcar la relevancia que tienen los datos recogidos por los eco-contadores y los futuros campos de estudios que puedan surgir a partir de ellos, pero es necesario que se realicen mantenimientos periódicos para asegurar su funcionamiento correcto, además de permitir un acceso libre en todo momento a todos los datos almacenados, tanto diarios como horarios, de cualquier mes o año hasta la actualidad.

Por ejemplo, se podría realizar un estudio sobre nuevas posibles ubicaciones de eco-contadores, que permitan mejorar el conocimiento de la movilidad en bicicleta en Sevilla., lo cual queda fuera del alcance de este trabajo.

1ª SEMANA: 2, 3 y 4 de enero												2ª SEMANA: 6 - 11 de enero											
Periodo	Horario										Periodo												
	Contador 01	Contador 02	Contador 03	Contador 04	Contador 05	Contador 06	Contador 07	Contador 08	Contador 09	Contador 10		Contador 01	Contador 02	Contador 03	Contador 04	Contador 05	Contador 06	Contador 07	Contador 08	Contador 09	Contador 10		
0:00 1:00	137	8	0	15	9	7	38	6	30	0	0:00 1:00	209	7	0	11	7	7	49	12	21	0		
1:00 2:00	67	11	0	10	1	3	14	0	20	0	1:00 2:00	71	3	0	4	2	1	12	4	8	0		
2:00 3:00	22	8	0	3	1	0	3	1	3	0	2:00 3:00	22	4	0	12	1	1	11	1	3	0		
3:00 4:00	15	4	0	4	1	1	11	0	3	0	3:00 4:00	18	1	0	6	1	1	11	0	6	0		
4:00 5:00	13	5	0	8	7	0	16	0	3	0	4:00 5:00	9	9	0	5	12	4	16	2	6	0		
5:00 6:00	19	28	1	26	31	8	21	2	32	0	5:00 6:00	28	35	3	33	66	15	57	6	48	0		
6:00 7:00	81	67	10	93	65	40	148	12	93	0	6:00 7:00	169	143	13	262	175	139	448	86	199	0		
7:00 8:00	348	68	9	118	71	66	250	40	106	0	7:00 8:00	927	170	60	414	219	209	807	301	259	0		
8:00 9:00	383	79	31	137	75	87	193	44	161	0	8:00 9:00	1.299	162	56	301	171	208	675	300	304	0		
9:00 10:00	385	85	25	130	88	85	195	53	133	0	9:00 10:00	1.087	143	52	279	133	180	470	285	254	0		
10:00 11:00	381	91	42	175	52	89	252	71	242	0	10:00 11:00	760	154	51	268	164	179	589	207	360	0		
11:00 12:00	444	110	40	205	125	128	410	100	271	0	11:00 12:00	751	168	62	362	170	210	609	244	405	0		
12:00 13:00	519	120	40	225	153	134	519	95	286	0	12:00 13:00	862	181	42	363	239	229	792	302	399	0		
13:00 14:00	631	135	43	257	143	145	472	103	240	0	13:00 14:00	1.117	288	60	498	302	308	868	453	482	0		
14:00 15:00	765	106	37	175	106	86	305	49	171	0	14:00 15:00	1.533	197	69	507	277	295	855	321	386	0		
15:00 16:00	823	133	27	128	145	89	300	33	189	0	15:00 16:00	1.485	216	66	385	217	223	700	257	405	0		
16:00 17:00	489	108	45	207	131	106	344	60	239	0	16:00 17:00	1.017	196	125	466	276	189	672	269	412	0		
17:00 18:00	527	125	40	235	146	98	359	43	247	0	17:00 18:00	1.060	205	98	467	253	198	679	232	441	0		
18:00 19:00	556	121	24	220	99	79	323	48	232	0	18:00 19:00	1.109	217	77	447	203	245	656	278	443	0		
19:00 20:00	541	93	7	199	90	103	272	52	180	0	19:00 20:00	1.026	180	47	361	191	226	688	220	361	0		
20:00 21:00	525	78	3	124	72	74	240	38	160	0	20:00 21:00	1.099	158	26	293	149	173	550	175	291	0		
21:00 22:00	389	62	0	77	39	58	143	23	79	0	21:00 22:00	829	93	9	159	77	84	279	76	155	0		
22:00 23:00	237	28	0	36	20	15	96	11	65	0	22:00 23:00	510	75	3	81	22	25	187	51	81	0		
23:00 0:00	192	27	1	34	19	29	106	13	71	0	23:00 0:00	255	42	1	60	23	34	133	23	67	0		
1ª SEMANA: 31, 1, 5 y 6 de enero												2ª SEMANA: 7, 12 y 13 de enero											
Periodo	Horario										Periodo												
	Contador 01	Contador 02	Contador 03	Contador 04	Contador 05	Contador 06	Contador 07	Contador 08	Contador 09	Contador 10		Contador 01	Contador 02	Contador 03	Contador 04	Contador 05	Contador 06	Contador 07	Contador 08	Contador 09	Contador 10		
0:00 1:00	186	21	1	27	15	8	79	6	62	0	0:00 1:00	191	18	0	50	9	19	83	6	47	0		
1:00 2:00	116	7	0	17	2	7	40	9	28	0	1:00 2:00	119	8	0	21	6	6	53	4	22	0		
2:00 3:00	61	8	0	4	3	6	32	2	8	0	2:00 3:00	67	6	0	13	3	4	56	2	13	0		
3:00 4:00	41	1	0	7	7	4	15	1	13	0	3:00 4:00	39	1	0	7	3	6	79	1	6	0		
4:00 5:00	18	5	0	11	10	4	26	2	9	0	4:00 5:00	27	5	0	8	4	1	37	0	4	0		
5:00 6:00	28	11	1	18	14	4	35	4	14	0	5:00 6:00	23	12	0	19	8	3	21	0	9	0		
6:00 7:00	34	31	0	33	15	8	50	5	29	0	6:00 7:00	23	24	1	29	10	8	30	2	38	0		
7:00 8:00	103	40	5	55	36	26	71	5	63	0	7:00 8:00	84	29	2	47	46	25	67	29	34	0		
8:00 9:00	153	65	16	71	59	30	102	16	79	0	8:00 9:00	130	75	15	138	88	40	127	31	84	0		
9:00 10:00	299	80	24	107	81	40	147	28	84	0	9:00 10:00	216	68	41	138	106	65	176	41	132	0		
10:00 11:00	261	88	38	128	97	77	212	51	181	0	10:00 11:00	305	101	73	230	167	97	242	80	180	0		
11:00 12:00	381	100	60	209	136	76	269	60	240	0	11:00 12:00	408	151	145	315	237	99	301	95	284	0		
12:00 13:00	442	146	47	178	176	119	265	74	242	0	12:00 13:00	545	192	139	311	252	124	322	114	324	0		
13:00 14:00	497	120	37	189	114	70	237	41	202	0	13:00 14:00	566	156	73	297	169	111	308	131	207	0		
14:00 15:00	449	93	17	122	53	48	158	23	137	0	14:00 15:00	555	82	49	174	94	48	196	40	147	0		
15:00 16:00	299	88	25	121	73	63	187	13	130	0	15:00 16:00	301	106	44	152	112	58	205	37	199	0		
16:00 17:00	282	91	33	191	74	70	195	41	152	0	16:00 17:00	308	83	79	149	124	61	239	68	208	0		
17:00 18:00	258	117	30	213	64	75	201	41	170	0	17:00 18:00	316	53	25	175	115	82	239	47	157	0		
18:00 19:00	286	86	4	165	86	61	212	43	150	0	18:00 19:00	352	104	35	139	114	62	252	56	168	0		
19:00 20:00	322	82	3	105	48	24	161	31	126	0	19:00 20:00	359	103	12	116	66	52	224	35	155	0		
20:00 21:00	303	67	0	89	42	29	123	21	93	0	20:00 21:00	291	58	2	72	37	35	154	33	98	0		
21:00 22:00	189	50	1	59	20	25	111	18	54	0	21:00 22:00	245	41	1	71	21	32	138	22	63	0		
22:00 23:00	189	33	0	38	19	11	87	6	45	0	22:00 23:00	173	23	0	28	12	15	92	14	38	0		
23:00 0:00	116	20	0	23	19	22	93	7	56	0	23:00 0:00	110	22	0	34	19	25	91	17	59	0		

Figura 6-3. Ejemplo de datos de Eco-contadores del primer semestre de 2013

Fuente: Gerencia de Urbanismo

## 6.2. Estaciones de Sevisi

### 6.2.1 Proceso de extracción

De manera similar a los eco-contadores, las estaciones de Sevisi contienen información sobre los trayectos que se realizan en Sevilla en bicicleta, en este caso en la bicicleta pública de Sevisi. No obstante, en la actualidad estos datos no están disponibles para la población, obstaculizando de nuevo el estudio de la movilidad en bicicleta. Sin embargo, a pesar de las dificultades encontradas, se ha conseguido la obtención de cierta información relativa a las estaciones de Sevisi.

El proceso de extracción de dicha información se ha basado en aplicaciones existentes para dispositivos móviles que permiten conocer el estado de las estaciones de Sevisi. Se han realizado consultas de todas las estaciones simulando ser un teléfono móvil, de manera que se guardan en un servidor automáticamente cada cierto periodo de tiempo.

Los datos obtenidos en estas consultas son el número de la estación, su dirección, el número total de bornetas que tiene, las bicicletas disponibles que están en servicio para alquilarlas, el número de bornetas disponibles para depositar una bicicleta, y la fecha y hora en la que ha sido realizada la consulta. Cabe destacar que, debido a problemas de mantenimiento de la estación, se puede dar el caso de que la suma de bicicletas disponibles y bornetas libres no se corresponda con el total de bornetas. Igualmente, cuando una bicicleta presenta fallos técnicos que la estación no detecta, el número real de bicicletas disponibles en una estación es inferior al mostrado, disminuyendo así su disponibilidad.

En cuanto a la frecuencia de dichas peticiones, es una cuestión que ha sido estudiada previamente. No debe ser

muy alta por varias razones: la gestión de gran cantidad de información resulta muy compleja, y al enviar un alto número de peticiones, se corre riesgo de que la empresa limite esta descarga de información. Tampoco debe ser muy baja la frecuencia, debido a que no dispondríamos de suficiente información para elaborar estudios de movilidad.

Por tanto, se ha llegado a la conclusión de que la frecuencia adecuada es de 10 minutos. No obstante, salvo realizar peticiones en cada instante que el estado de una estación varíe, que se ha descartado por no resultar óptimo, esto conlleva un problema de flujo neto. El estado de una estación entre dos peticiones realizadas resulta desconocido. Para explicarlo, se puede utilizar el siguiente ejemplo: tras realizar una consulta, una estación tiene todos las bornetas disponibles y ninguna bicicleta; en cierto momento, un usuario deposita una bicicleta en esa estación, y al cabo de poco tiempo, otro usuario la retira, leyendo la siguiente consulta el mismo resultado que la anterior, pero, sin embargo, ha existido flujo. Por ello, se dice que el flujo observado en las peticiones es neto.

Así, no existe un método exacto para hallar el flujo de la estación a partir del número de bicicletas y bornetas disponibles. La forma más precisa de realizar este análisis consistiría en disponer de los datos privados de Sevici acerca de los trayectos individuales de cada usuario, con variables tan significativas como el origen, el destino, la duración y el momento en que la bicicleta es retirada, aunque supondría una vulneración de los derechos de privacidad.

## 7 COMPARACIÓN DE DATOS DE ESTACIONES DE SEVICI CON DATOS DE ECO-CONTADORES

Una vez conocidas ambas fuentes de información, es imposible dudar de que deben estar relacionadas de algún modo. Ambas cuantifican los movimientos en bicicleta, pero cada uno lo hace utilizando variables diferentes. Mientras que los eco-contadores contabilizan el número de pasos de bicicletas en cada hora, los datos de Sevici reflejan las bicicletas o bornetas disponibles por hora en sus estaciones, que es un indicativo de cuántas bicicletas están siendo usadas en cada momento. Por tanto, resulta de interés representarlas para conocer si guardan relación alguna.

Observando la Figura 7-1 y la Figura 7-2, las gráficas horarias de todos los eco-contadores y de bicicletas disponibles de Sevici, respectivamente, se aprecia que presentan las mismas características: las horas punta de mayor actividad coinciden en las mismas franjas horarias, mostrándose en los eco-contadores como máximos locales y en la gráfica de Sevici como mínimos locales, puesto que las bicicletas disponibles en dichos rangos horarios expresan momentos de mayor actividad.

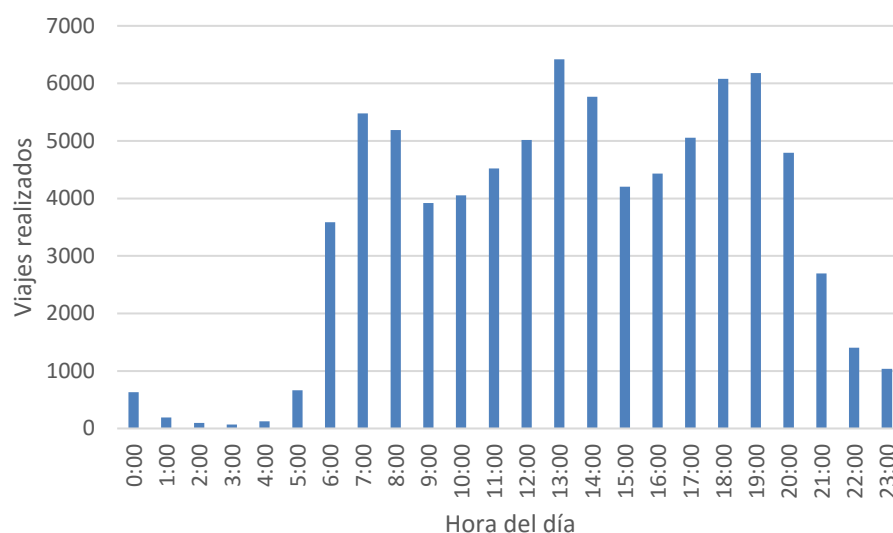


Figura 7-1. Suma de datos almacenados de todos los eco-contadores de la semana 21 del 2013

Fuente: Elaboración propia

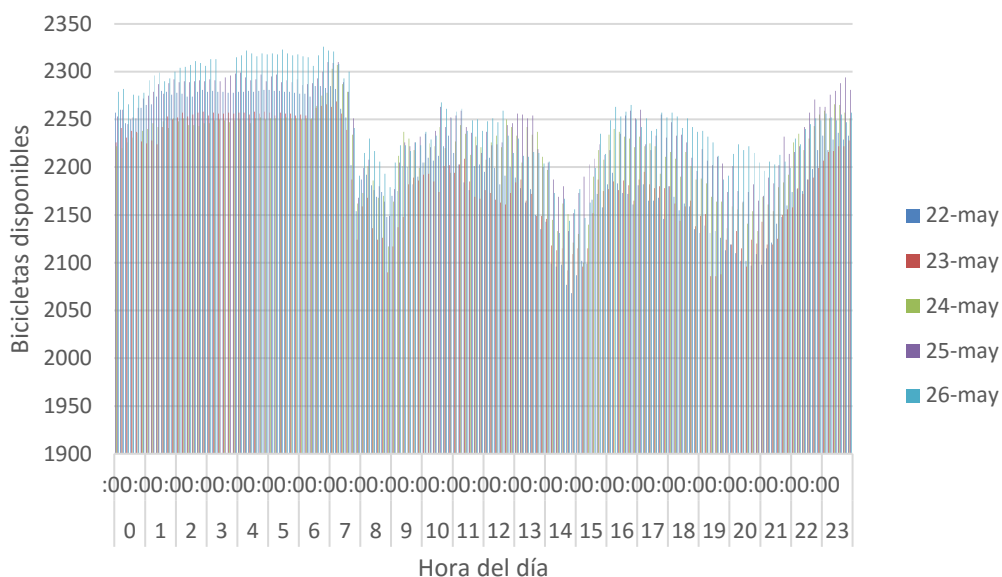


Figura 7-2. Datos horarios de bicicletas disponibles en todas las estaciones de Sevici entre los días 22 y 26 de mayo del 2017

Fuente: Elaboración propia

Abordando el proceso de tratamiento de datos para poder representarlos en el mismo rango de valores, y teniendo en cuenta que los datos disponibles han sido obtenidos en años distintos, en el caso de eco-contadores en 2013 y los datos de Sevici en 2017, se han seleccionado datos procedentes de fechas del año similares, de la semana 21 de 2013 y los días comprendidos inclusive entre el 22 y el 26 de mayo de 2017, respectivamente.

En cuanto a datos de Sevici, se emplean aquellos correspondientes a las bicicletas disponibles del conjunto de estaciones, pudiéndose haber estudiado a partir de las bornetas disponibles indistintamente. A continuación, se requiere normalizar esta variable para establecer el rango de valores en (0,1) y, posteriormente, se realiza la función  $1 - x$ , de forma que los mínimos locales anteriores se transformen en máximos locales.

En segundo lugar, se estudian los datos de los eco-contadores. Hay que tener en consideración que los datos son referidos a la suma de pasos de bicicleta en una semana, mientras que los de Sevici son por cada día de la semana. En lugar de calcular el correspondiente al día medio de los eco-contadores, lo cual daría a entender que la distribución horaria es similar para un martes que para un viernes (rutinas diferentes por ser el viernes víspera de fin de semana) se emplea el día medio de Sevici.

Se puede observar en la Figura 7-1 de que los datos podrían estar adelantados una hora, ya que no concuerda que las horas punta de uso sean a las 7:00, las 13:00 y las 18:00-19:00; además, se observa un valor bastante elevado a las 5:00, cuando aún no ha comenzado la jornada laboral. Todo se podría deber a que el programa que almacena los datos está configurado en la zona horaria GMT+0, lo cual explicaría este desfase horario.

Una vez definidos los datos que se van a emplear, se dispone a representarlos. Por ello, la correlación de ambas variables está representada en la Figura 7-3.



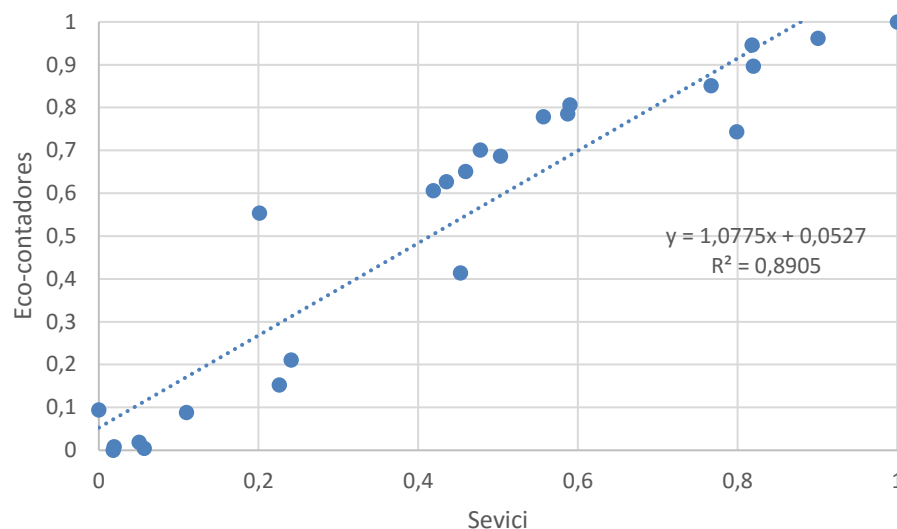


Figura 7-3. Comparación de los datos extraídos de Sevici y de los almacenados por los Eco-contadores  
Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 7-3 que el coeficiente de correlación es bastante elevado, de 0.8905, verificando la hipótesis de la existencia de relación entre los datos obtenidos de Sevici y aquellos procedentes de los eco-contadores. No obstante, se emplea otro recurso matemático para aseverar que la relación es evidente: el coeficiente de correlación de Spearman.

El coeficiente de correlación de Spearman,  $\rho$  (rho), es una medida no paramétrica de la correlación o interdependencia entre dos variables aleatorias continuas, que en este caso son los datos obtenidos de Sevici y aquellos procedentes de los eco-contadores. Para calcular  $\rho$ , los datos son ordenados y reemplazados por su respectivo orden, de forma que la correlación será alta cuando las posiciones relativas de ambas variables sean similares y bajas cuando estas difieran. El estadístico  $\rho$  viene dado por la expresión de la Ecuación ( 3 ).

$$\rho = 1 - \frac{6 - \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \quad (3)$$

donde D es la diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de x - y. N es el número de parejas.

Este estadístico  $\rho$  varía entre -1 y 1, indicando asociaciones negativas o positivas respectivamente, mientras que si el valor obtenido es cero, significa que no hay correlación pero no necesariamente independencia.

Así, el coeficiente de correlación de Spearman obtenido es de 0.9643, de nuevo un valor bastante elevado que confirma que dicha relación es veraz.



# 8 MODELIZACIÓN DE USO DE LA BICICLETA A PARTIR DE DATOS DE SEVICI

---

Como ya se ha comentado en anteriores capítulos, la disponibilidad de los datos de los eco-contadores es limitada, y cada vez más obsoleta puesto que no se dispone de datos actualizados. Tras demostrarse que existe correlación entre los datos almacenados por los eco-contadores y los estados de las estaciones de Sevici, los posibles estudios que pudieran surgir para analizar la movilidad en bicicleta podrían basarse en los datos extraídos del servicio público. No obstante, es necesario recordar que las bicicletas de Sevici son empleadas por un 28% de la población que viaja en este modo de transporte, por lo que se consideraría una simplificación de dicho modo.

## 8.1. Caracterización de estaciones de Sevici

El estudio que se detalla a continuación es un análisis primigenio, necesitando una mayor profundización. Se pretende caracterizar las zonas de transporte, que no se corresponden con aquellas definidas en la zonificación de la ciudad, sino que se sitúan alrededor de las estaciones de Sevici. Esta caracterización indicará si una zona tiene mayor carácter generador, o si por el contrario es una zona atractora de viajes. Además, el estudio se centra únicamente en días laborables porque en ellos se concentran los trayectos de movilidad obligada, que supone la gran mayoría de viajes en bicicleta. Para llevar a cabo este estudio, se han empleado técnicas de clustering.

Un clúster es una agrupación de un conjunto de datos basándose en criterios, por lo general, de distancia. El número de agrupaciones de los datos empleados puede ser un valor dado o, por el contrario, una incógnita resuelta al aplicar el algoritmo. En este documento, los datos se han clasificado sin especificar el número de grupos existentes, y los criterios utilizados han sido una serie de variables que se explican en los sucesivos párrafos.

Por otro lado, los datos empleados de Sevici han sido los valores medios de cada hora de bicicletas disponibles del conjunto de días laborables comprendidos entre el 22 de mayo y el 16 de junio de 2017, para cada una de las estaciones. Cabe recordar que la empresa que gestiona Sevici, JCDecaux, realiza un servicio de rotación de bicicletas durante toda la jornada, lo cual altera los datos obtenidos de Sevici. Al no ser posible reconocer estos movimientos puntuales, se ha trabajado obviándolos.

Se entiende que una zona que resulta ser un foco atrayente provocaría que la estación de bicicleta estuviera completa en las franjas horarias de mayor flujo. Por otro lado, una zona de generación tendría el efecto contrario, es decir, la estación se vaciaría en las horas punta.

Por ello, una primera característica que podría diferenciar entre zonas atractoras y generadoras de viajes es, basándose en las rutinas diarias de los usuarios, la diferencia entre el momento anterior al inicio de movimientos de bicicleta, que es a primera hora de la mañana, y el momento en el que los usuarios ya han llegado a sus puestos de trabajo y estudios.

La elección de estos horarios está justificada por la distribución diaria del estado de las estaciones de Sevici, mostrada en la Figura 8-1 para los días laborables. Se emplea solo la primera franja horaria de mayor flujo ya que es la única definida con claridad para todos los datos diarios empleados.

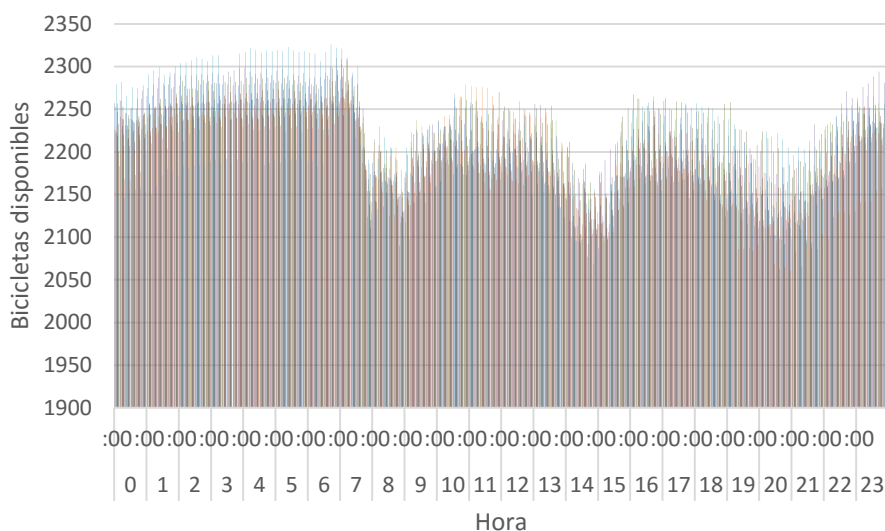


Figura 8-1. Distribución horaria de bicicletas disponibles en días laborables en todas las estaciones de Sevici  
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 8-1, en el comienzo de la jornada laboral se produce un máximo de bicicletas disponibles en todas las estaciones alrededor de las 6 de la mañana, coincidiendo con el último momento de inactividad de bicicletas del día, es decir, no se realizan desplazamientos en las horas de madrugada de cada día hasta aproximadamente las 6:00.

En las dos horas posteriores se produce una bajada significativa de las bicicletas disponibles en las estaciones, lo que se traduce a un uso importante de las bicicletas en ese periodo de tiempo. Esto se extiende hasta las 9 de la mañana, donde se halla un mínimo local en las bicicletas disponibles, que corresponde con la llegada aproximada de los usuarios a su lugar de trabajo o estudios.

Tras identificar estos extremos en el uso de la bicicleta, inactividad frente a mínimo de bicicletas disponibles, se calcula la diferencia de estas entre las 6:00 y las 9:00, lo cual indicaría el grado de uso de cada estación, y sería una variable óptima a emplear en el clúster.

Como se ha explicado anteriormente, las mediciones tomadas del estado de las estaciones de bicicletas se realizan con una frecuencia de 10 minutos, por lo que el procedimiento seguido para este análisis ha tomado la media de las mediciones en las franjas horarias de las 6:00 a las 7:00 y de las 9:00 a las 10:00, y a continuación la media de dichos valores en días laborables. En la Tabla 11 se muestra un extracto de los resultados obtenidos.

Tabla 11. Extracto de la diferencia del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana.

ID estación	Nº puestos	6:00-7:00	9:00-10:00	Diferencia
1	20	7.815789474	5.298245614	-2.51754386
2	18	5.368421053	2.263157895	-3.105263158
3	40	3.043859649	8.807017544	5.763157895
4	40	5.201754386	22.93859649	17.73684211
5	40	4.175438596	30.06140351	25.88596491
6	20	2.01754386	19.15789474	17.14035088
7	20	6.842105263	14.64035088	7.798245614

8	20	2.640350877	15.3245614	12.68421053
9	20	0.438596491	19.64912281	19.21052632
10	20	12.20175439	6.280701754	-5.921052632
11	20	6.184210526	5.666666667	-0.51754386
12	30	4.289473684	3.421052632	-0.868421053
13	15	7.403508772	3.280701754	-4.122807018
14	40	10.4122807	9.587719298	-0.824561404
15	15	13.05263158	6.166666667	-6.885964912

Tras ordenar los resultados en función de su magnitud, se observa que aquellas estaciones con mayor diferencia positiva, lo cual significa que ha aumentado el número de bicicletas disponibles, presentan una distribución horaria similar unas con otras; de la misma forma, aquellas con mayores diferencias en negativo, donde han disminuido las bicicletas de 6 a 9, siguen distribuciones equivalentes entre sí. Estas estaciones con mayor magnitud positiva y negativa están representadas en la Tabla 12 y en la Tabla 13, respectivamente, y la similitud de la distribución horaria en la Figura 8-2, la Figura 8-3, la Figura 8-4 y la Figura 8-5.

Tabla 12. Estaciones con mayor diferencia positiva del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana.

ID estación	Nº puestos	6:00-7:00	9:00-10:00	Diferencia
5	40	4.1754386	30.0614035	25.8859649
87	40	12.245614	36.4824561	24.2368421
98	30	4.49122807	25.0087719	20.5175439
9	20	0.43859649	19.6491228	19.2105263
4	40	5.20175439	22.9385965	17.7368421
6	20	2.01754386	19.1578947	17.1403509
67	20	1.47368421	17.9473684	16.4736842

Tabla 13. Estaciones con mayor diferencia negativa del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana.

ID estación	Nº puestos	6:00-7:00	9:00-10:00	Diferencia
17	20	17.0087719	1.47368421	-15.5350877
178	20	18.1315789	3.28947368	-14.8421053
16	20	17.0614035	2.60526316	-14.4561404
180	20	18.2280702	5.63157895	-12.5964912

151	20	13.3421053	1.14035088	-12.2017544
91	20	12.877193	2.23684211	-10.6403509
111	20	16.9298246	6.98245614	-9.94736842

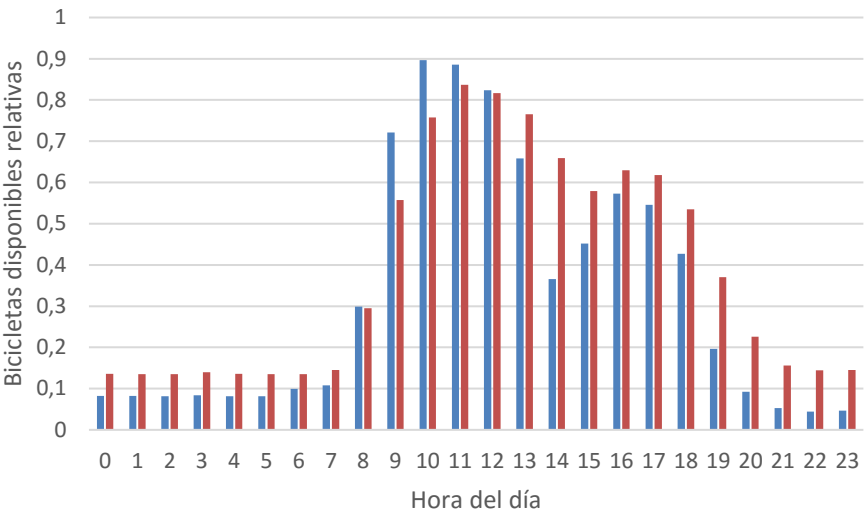


Figura 8-2.Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 4 y 5  
Fuente: Elaboración propia

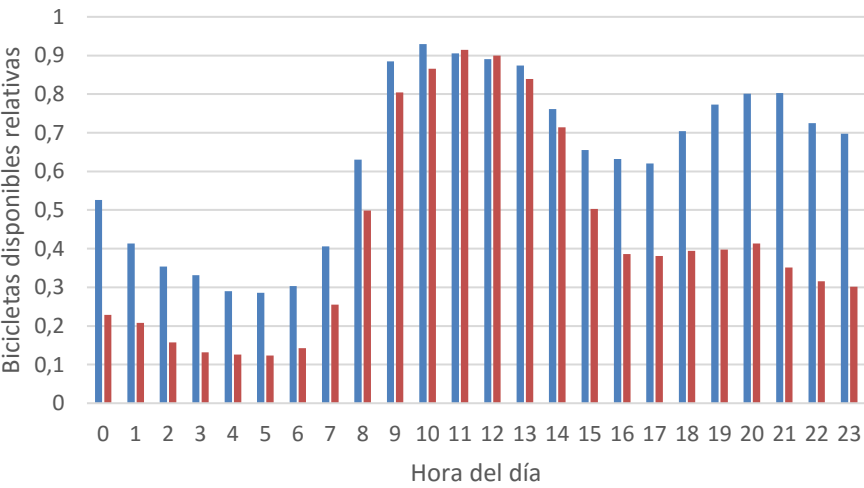


Figura 8-3. Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 87 y 98  
Fuente: Elaboración propia

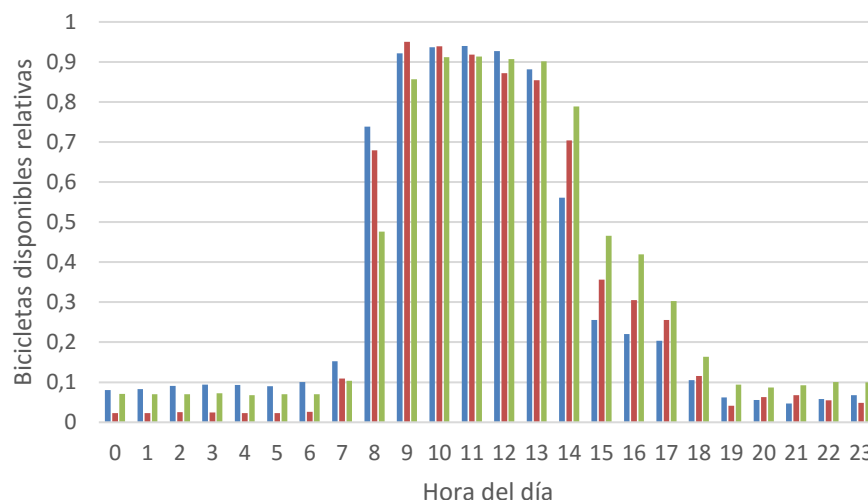


Figura 8-4. Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 6, 9 y 67  
Fuente: Elaboración propia

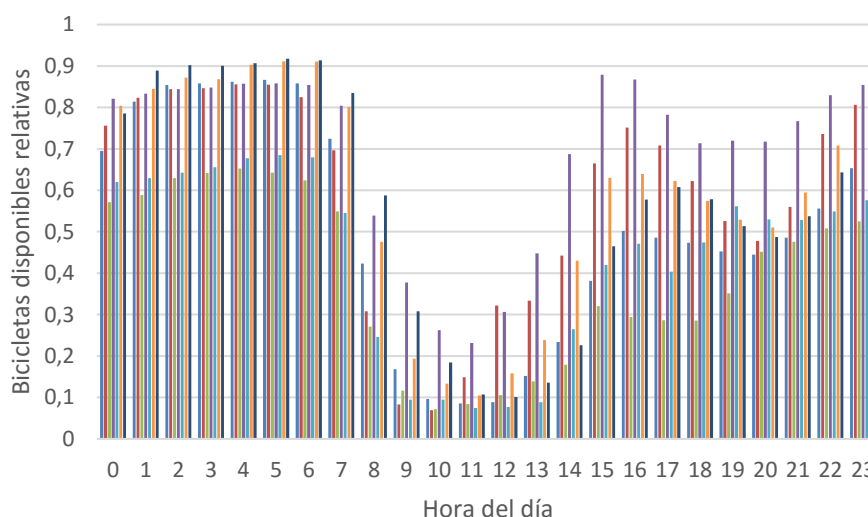


Figura 8-5. Distribución horaria de bicicletas disponibles de las estaciones 16, 17, 91, 111, 151, 178 y 180  
Fuente: Elaboración propia

En aquellas estaciones donde el número de bicicletas aumenta considerablemente de 6 a 9 de la mañana, se observan diferentes patrones en la distribución horaria de las bicicletas disponibles, aunque todos son semejantes: el número de bicicletas permanece máximo durante la jornada laboral por la mañana hasta que esta finaliza sobre las 14:00-15:00 horas, mientras que en la segunda mitad del día existen discrepancias entre diferentes tipos de estaciones de bicicletas, debido a la situación de estas sobre el mapa de Sevilla.

En cuanto a aquellas estaciones donde se reducen las bicicletas a primera hora de la mañana, sucede el efecto contrario: durante la jornada laboral no se aprecian movimientos de bicicletas en estas estaciones, y cuando termina, comienza a aumentar su disponibilidad, produciéndose un nuevo descenso y posterior incremento sobre las 19:00 horas.

Representando estos valores sobre la posición de las estaciones de Sevici, y en función de su magnitud y de su signo, se observan varios aspectos. Esta representación gráfica se muestra en la Figura 8-6.

En primer lugar, como se observa en la Figura 8-6, se pueden distinguir zonas donde predomina el incremento de las bicicletas en la estación, en color rojo, de otras donde destaca su disminución, en color azul. De aquellas donde aumentan las bicicletas, lo hace de manera significativa donde se ubican campus universitarios, como la Cartuja, Ramón y Cajal, el Prado de San Sebastián o Reina Mercedes, así como la céntrica Plaza Nueva. Como

se concluyó en la caracterización de usuario de bicicleta de Sevici, un 53% de estos alegan como motivo de viaje los estudios, lo cual coincide con los lugares donde mayor incremento de bicicletas se produce en las estaciones, al comienzo de la jornada. Por tanto, se concluye que estas zonas universitarias son centros atractores de trayectos en bicicleta de Sevici.

Asimismo, las estaciones donde el número de bicicletas disponibles disminuye notablemente están situadas a una distancia reducida de los centros de estudios universitarios, por lo que se corresponderían con las residencias de los estudiantes, ya que cabe recordar que el 75% de los trayectos realizados por los usuarios de bicicletas de Sevici tienen una duración de entre 5 y 20 minutos. De esta forma, estas zonas son consideradas centros de generación de viajes en bicicleta de Sevici.

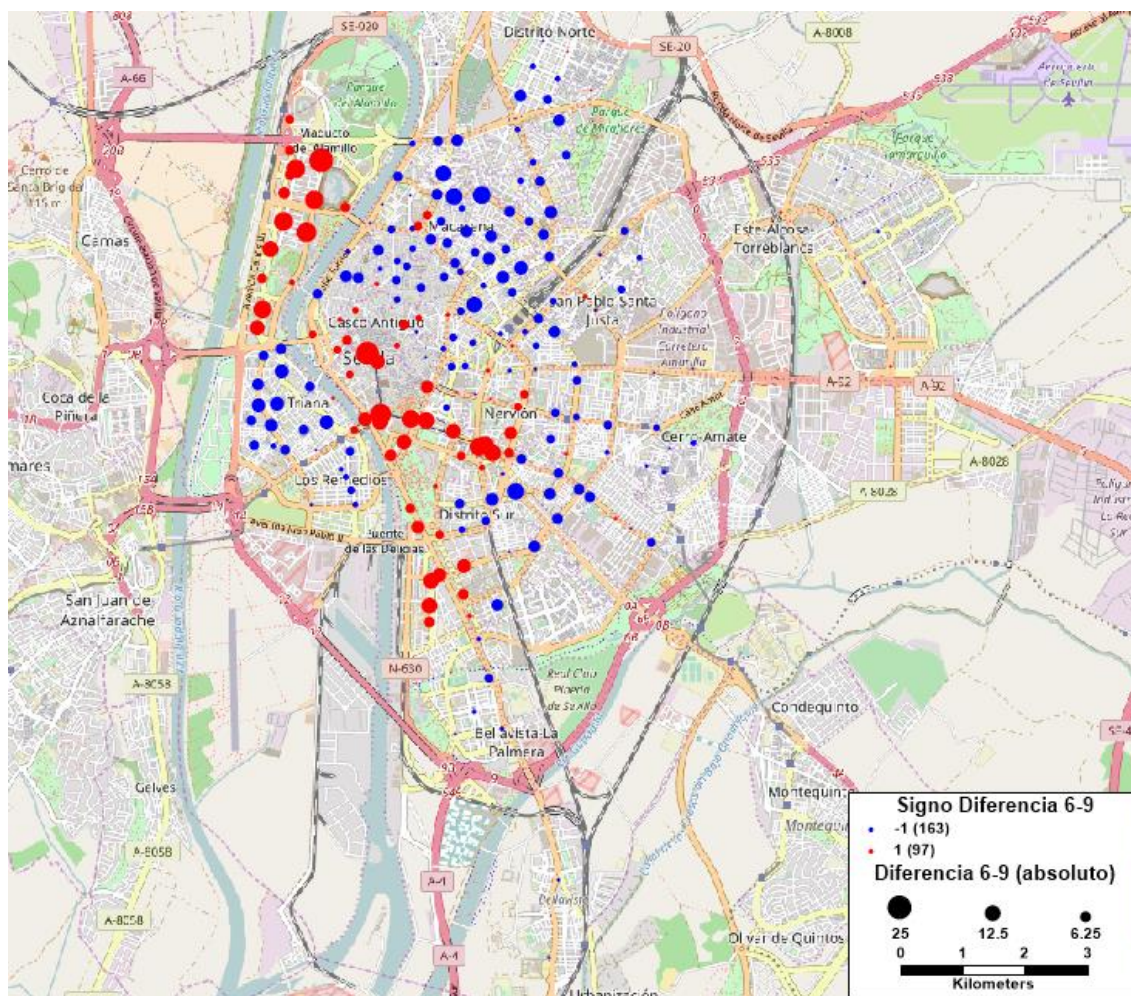


Figura 8-6. Representación de la diferencia del número medio de bicicletas disponibles entre las 6 y las 9 de la mañana, según su magnitud y su signo, de las estaciones de Sevici

Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Por tanto, se han asignado ciertas estaciones a zonas atractoras y generadoras en función de la diferencia del número de bicicletas disponibles en dichas estaciones a primera hora de la mañana. Sin embargo, esta característica no es suficiente, ya que se debe considerar igualmente si existe actividad en la estación en el resto del día.

La característica buscada que estudia en qué grado ha cambiado el número de bicicletas disponibles durante todas las horas de un día medio en una estación es la varianza de esa estación, nueva variable a emplear en el clúster. Si la varianza es alta, significa que la estación es utilizada con frecuencia, mientras que si presenta valores bajos su uso es reducido.

La varianza queda representada en la Figura 8-7, y comparándola con la representación de la diferencia de bicicletas disponibles entre las 6:00 y las 9:00 horas, en la Figura 8-6, se puede observar que existe cierta relación entre ambas características. De esta forma, las zonas con mayor frecuencia de uso de la estación, es decir, con



mayor varianza, están situadas allí donde las diferencias de 6 a 9 eran mayores, como son la Cartuja, el Prado de San Sebastián, Viapol, el barrio de Triana o zonas aledañas al Hospital Universitario Virgen Macarena, entre otras.

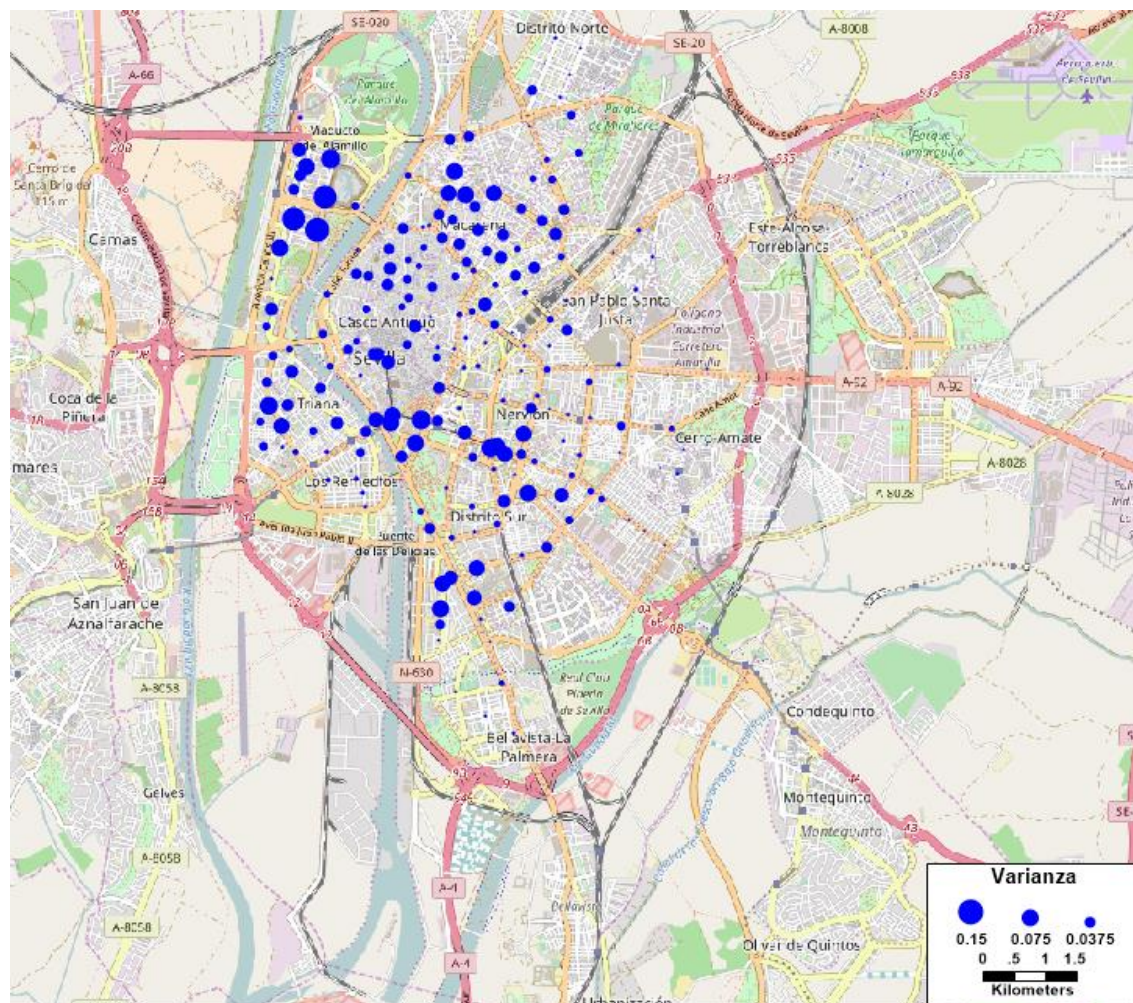


Figura 8-7. Representación de la varianza del número medio de bicicletas disponibles de las estaciones de SeVici

Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

No obstante, existen estaciones con una varianza ínfima, o que equivale a un uso de la estación mínimo. Estas se encuentran ubicadas en los barrios más externos de la ciudad, destacando los casos de Sevilla Este y Torreblanca. Los usuarios que deseen emplear estas estaciones deben recorrer una distancia mínima de 3 kilómetros, equivalente a aproximadamente 20 minutos, lo cual no casa con los datos extraídos del proceso de encuestación de la duración media del trayecto en bicicleta de SeVici, que se sitúa entre 5 y 20 minutos. Por ello, se considera un tercer tipo de caracterización de zonas de transporte, en los núcleos residenciales situados a las afueras de la ciudad.

De las conclusiones extraídas de las encuestas, este efecto se explica también por dos razones adicionales: el servicio de préstamo es gratuito durante los primeros 30 minutos de trayecto, los cuales son altamente rebasables debido a las largas distancias, y las bicicletas de SeVici no resultan cómodas y adecuadas en condiciones generales, por lo que en distancias mayores esta incomodidad se ve acrecentada.

### 8.1.1 Agrupación primera

Antes de emplear técnicas de clustering, se ha realizado una agrupación manual, basada en la observación de las gráficas diarias de cada estación, e intentando establecer similitudes entre ellas. Esta clasificación es, indudablemente, subjetiva al usuario que realice el estudio. Por ello, los resultados obtenidos son meramente informativos y se desconoce si se acercan a la solución real.



Tal como se ha descrito anteriormente, se han encontrado zonas con mayor carácter atractor, otras donde predomina la generación de viajes, mientras que otro grupo presenta una actividad más reducida. De esta forma, se han definido cuatro grupos, los tres recién descritos y una cuarta categoría que agrupa aquellas estaciones que no corresponden a los grupos anteriores. Esta clasificación se observa en la Figura 8-8.

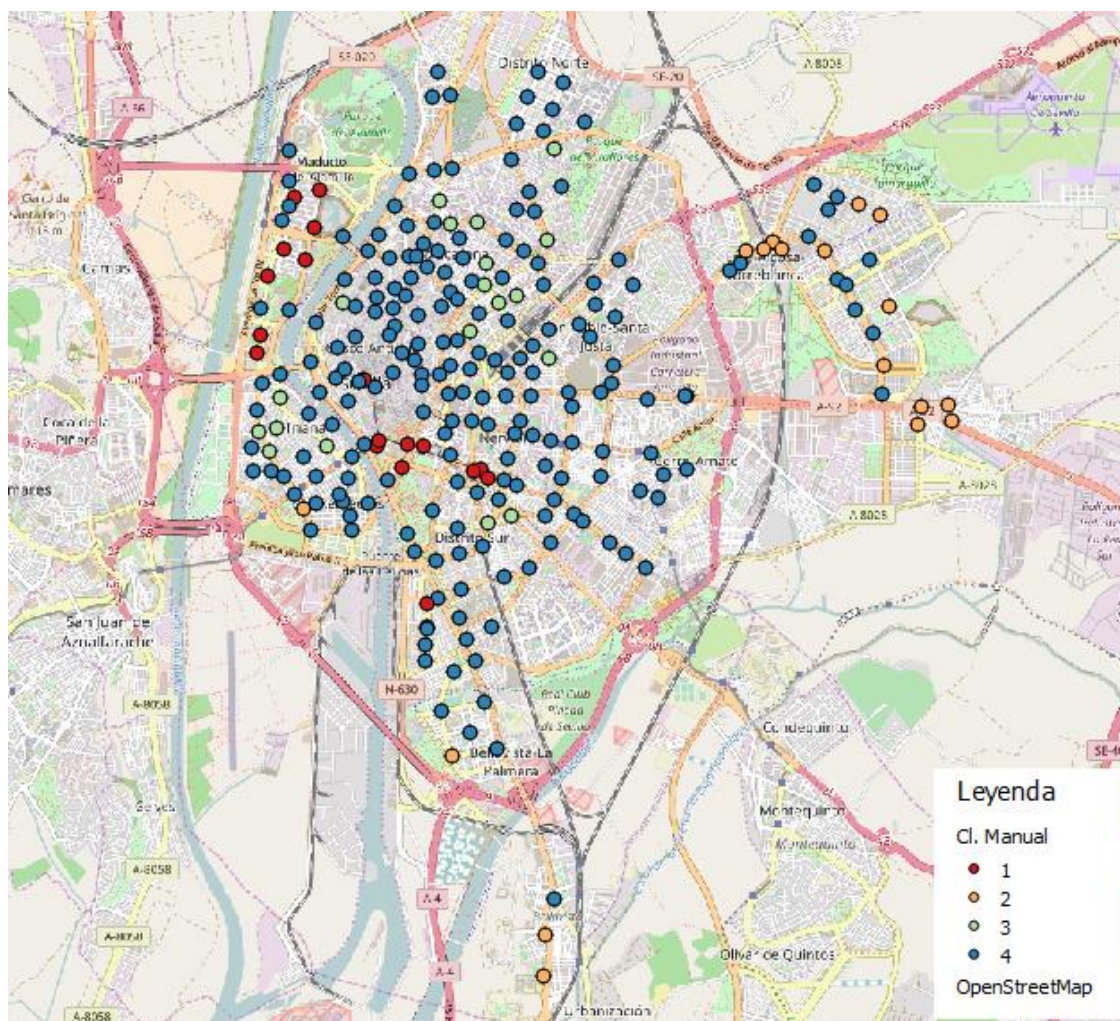


Figura 8-8. Agrupación primera. Sin variables, manual.  
Fuente: Elaboración propia (QGIS)

### 8.1.2 Agrupación segunda

Como segunda agrupación, las variables empleadas son los valores medios de bicicletas disponibles en cada hora del día para cada una de las estaciones, esto es, los datos brutos de la curva horaria de un día laborable medio. Dicha clasificación está representada en la Figura 8-9.

En este caso, se han generado cinco agrupaciones. Observando la Figura 8-9, se aprecia que el grupo 5 engloba estaciones tan dispares como las de Plaza Nueva y las de la Avenida Alcalde Luis Urquía, en Sevilla Este. Mientras las primeras tienen un flujo de bicicletas bastante elevado, en las situadas en Sevilla Este la actividad es mínima. Por tanto, no se considera correcta esta agrupación debido a que incluye en las mismas categorías estaciones muy diferentes entre ellas.

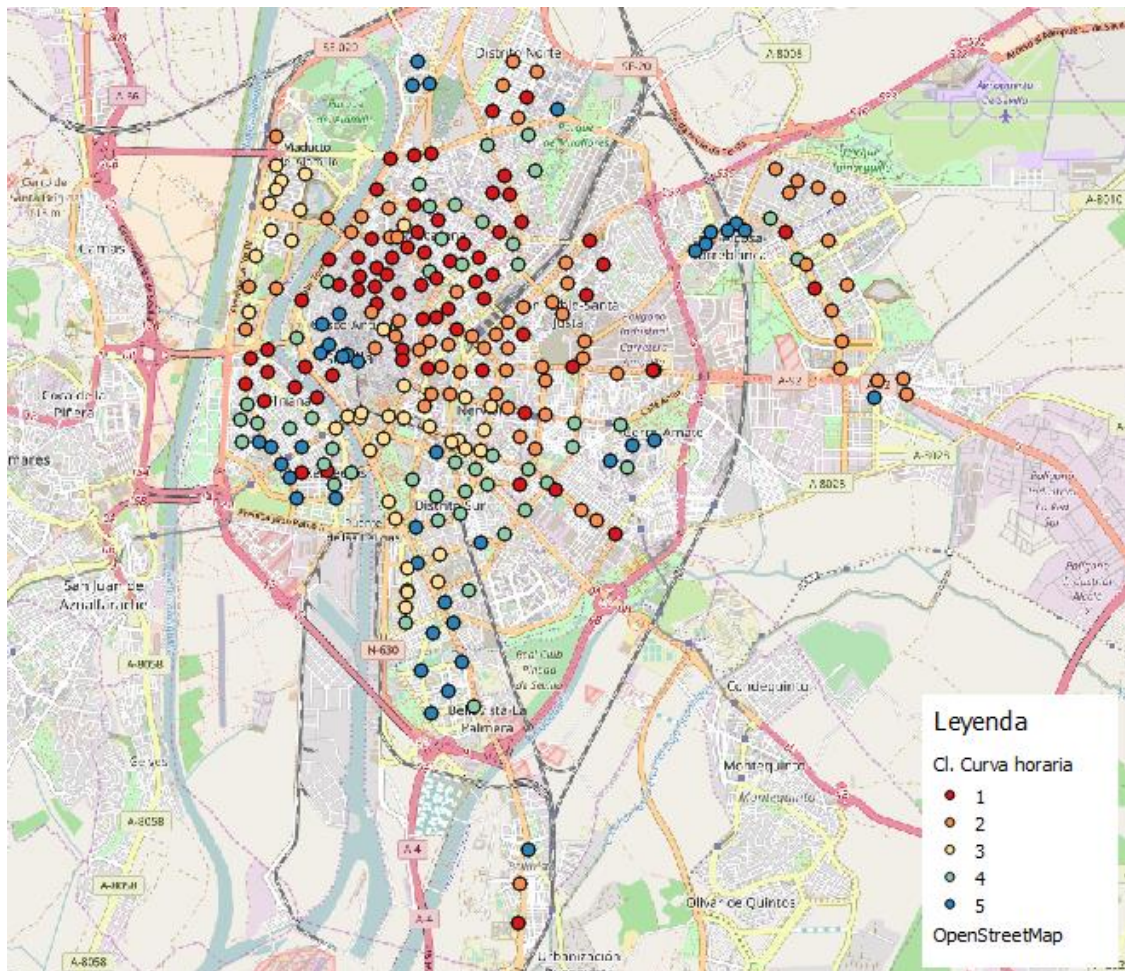


Figura 8-9 Agrupación segunda. Variable: curva horaria de las bicicletas disponibles en un día laborable medio.  
Fuente: Elaboración propia (QGIS)

### 8.1.3 Agrupación tercera

Como se ha concluido en la sección anterior, el empleo de los datos brutos de la distribución horaria de bicicletas durante un día laborable medio no ha resultado fructuoso. Como alternativa, se propone realizar el clúster con dos nuevas variables, analizadas en la sección 8.1. Se trata de la diferencia del número medio de bicicletas disponibles en una estación entre las 6:00 y las 9:00 de la mañana, y la varianza de cada estación. Los grupos resultantes se pueden observar en la Figura 8-10.

Esta nueva clasificación se asemeja a la agrupación primera, la realizada manualmente. Son similares en el predominio de un rango frente al resto, al cual no se le puede asignar carácter atractor ni generador porque engloba a una gran variedad de estaciones con distribuciones horarias muy diferentes. Sin embargo, es posible apreciar que el grupo 1 contiene estaciones de fuerte carácter atractor, como las situadas en el Parque Tecnológico de la Cartuja, en el eje Ramón y Cajal – Carlos V, en la Avenida Reina Mercedes, o en la Plaza Nueva.

Por tanto, aunque las agrupaciones obtenidas no se asemejan con la realidad, se deduce que las variables empleadas han sido correctamente elegidas.



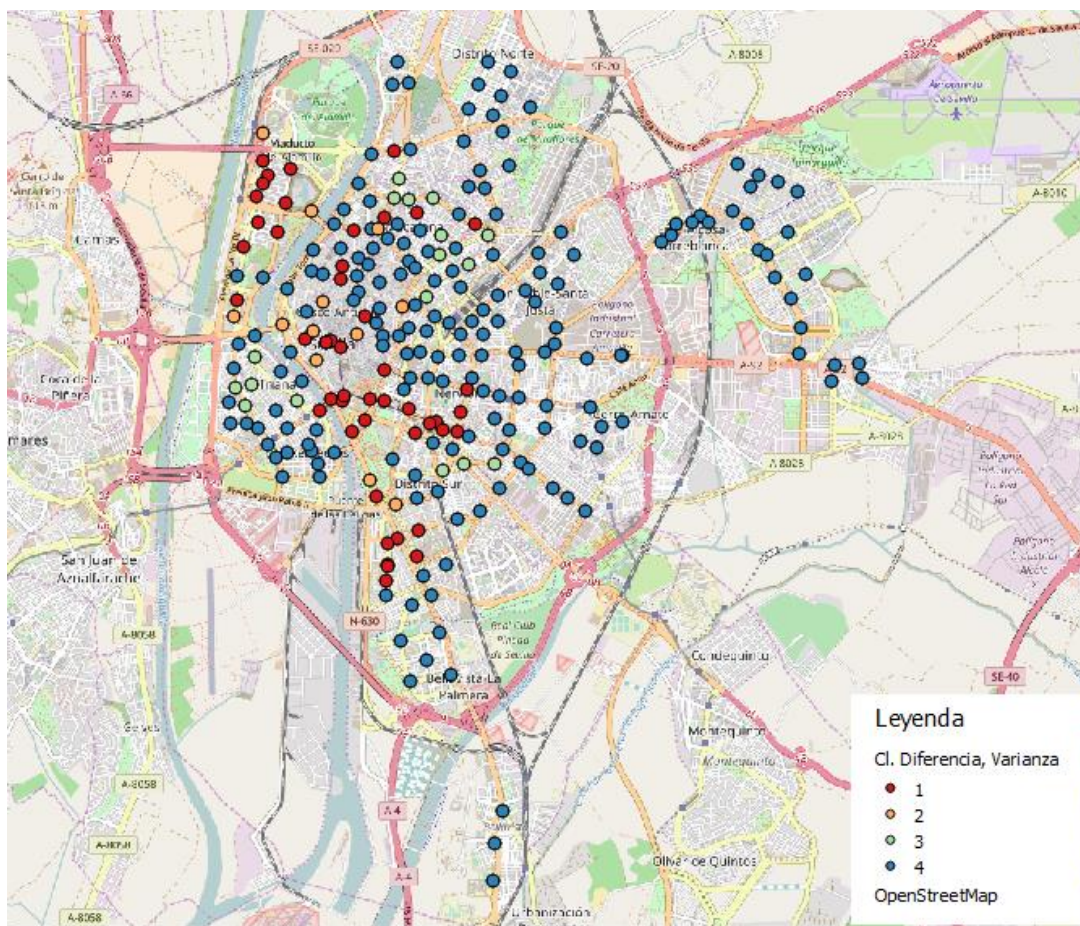


Figura 8-10 Agrupación tercera. Variables: diferencia de 6 a 9 y varianza.

Fuente: Elaboración propia (QGIS)

#### 8.1.4 Agrupación cuarta

En esta nueva agrupación, se ha optado por utilizar las variables empleadas en la clasificación anterior, la diferencia del número medio de bicicletas disponibles en una estación entre las 6:00 y las 9:00 de la mañana, y la varianza de cada estación, además de una tercera variable denominada ratio mínimo-máximo.

La ratio mínimo-máximo indica la magnitud de la banda de valores en la que oscila el número de bicicletas disponibles de una estación de Sevisi. Según la definición, cuanto mayor sea la ratio, el número de bicicletas disponibles presente en una estación tomará valores parecidos, y en el caso de ser más baja, este número tomará valores más dispares.

La agrupación resultante empleando estas tres variables se representa en la Figura 8-11. Se observa que los cinco grupos formados contienen un número equitativo de estaciones, aproximadamente, y se distinguen zonas atractoras y generadoras en los diferentes grupos. Al igual que en la clasificación de la subsección 8.1.3, el grupo 1 engloba estaciones con fuerte carácter atractor, situadas en las zonas mencionadas con anterioridad. En el polo opuesto, tras analizar las gráficas de distribuciones horarias de las estaciones del grupo 5, se ha observado que son muy similares entre sí, teniendo un carácter generador elevado; las estaciones de este grupo se sitúan en zonas residenciales, como los barrios de Triana, Macarena y la zona norte del Casco Histórico.

Asimismo, se han analizado las distribuciones horarias para los demás grupos, siendo las conclusiones extraídas las mismas: presentan similitud entre sí, siendo el grupo 2 estaciones ubicadas en zonas con un leve carácter atractor, mientras que las estaciones del grupo 4 están en zonas algo menos generadoras que las del grupo 5.

Destaca el grupo 3, por presentar unas distribuciones horarias poco variables, lo cual indica el ínfimo grado de uso de estas estaciones. Están situadas en las zonas más radiales de la ciudad, como Sevilla Este, Torreblanca o Bellavista.

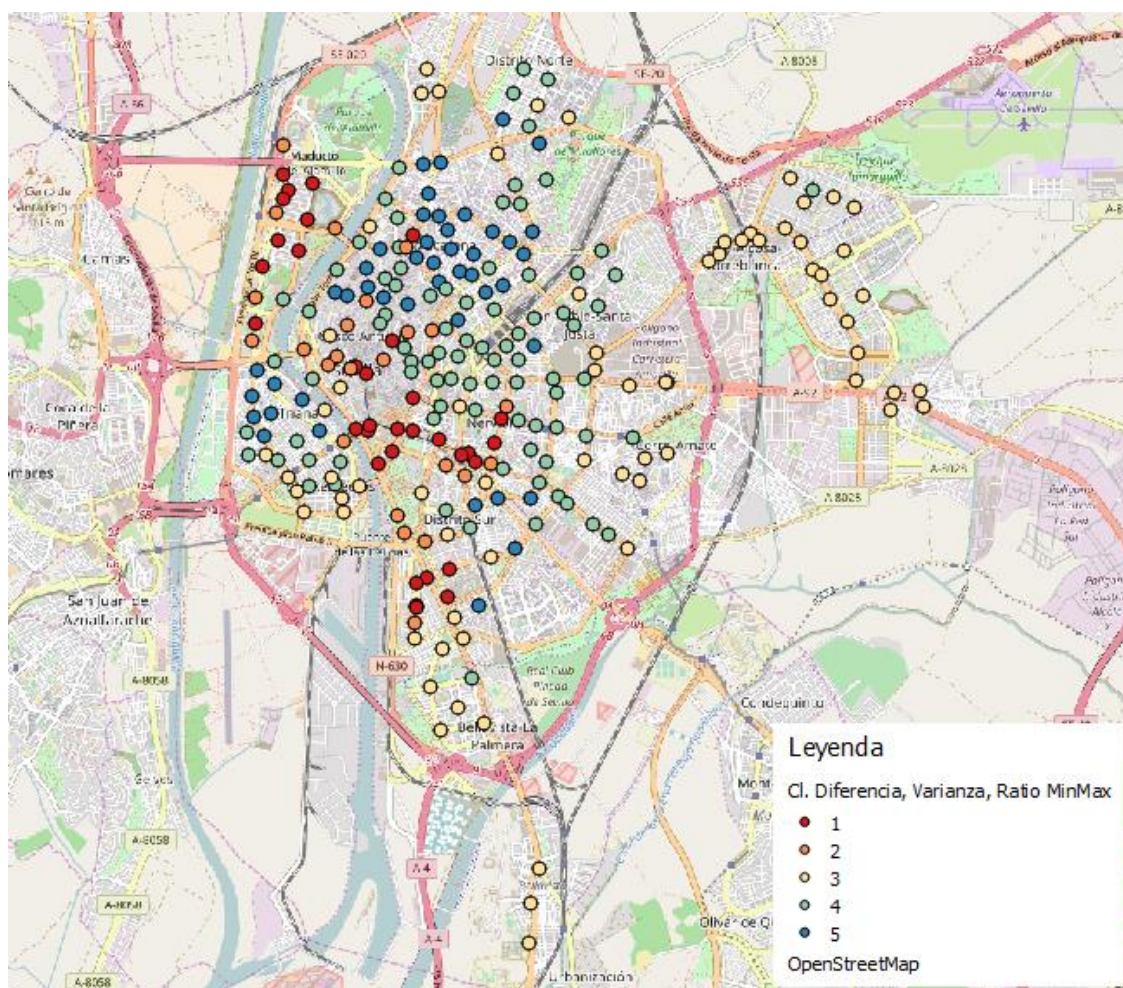


Figura 8-11. Agrupación cuarta. Variables: diferencia de 6 a 9, varianza y ratio mínimo-máximo.  
Fuente: Elaboración propia (QGIS)

De todas las agrupaciones realizadas hasta el momento, esta última es la que se corresponde más fielmente a la realidad de la caracterización de las zonas.

Si se compara esta agrupación con la obtenida manualmente, en la subsección 8.1.1, se puede apreciar que los grupos 1, 2 y 3 de la clasificación inicial subjetiva realizada han sido asignados en su totalidad a los grupos 1, 3 y 5, respectivamente. El grupo 4 restante englobaba las estaciones que, subjetivamente, no se correspondían con un carácter atractor, generador o de inactividad con cierta seguridad, por lo que sus estaciones se han dispersado entre todos los rangos de la agrupación actual, y especialmente entre los rangos no mencionados 2 y 4, que se corresponden con zonas levemente atractoras y generadoras, respectivamente.

De esta forma, se observa la diferencia entre la agrupación manual, cuyos resultados son subjetivos al usuario que realiza el estudio, frente al clúster generado empleando variables que caractericen objetivamente las estaciones.

### 8.1.5 Agrupación quinta

Para la curva de distribución horaria de un día laborable medio de cada estación de Sevici, se ha calculado el cuantil de orden 0,7, es decir, el valor por debajo del cual se concentra el 70% de los datos de cada estación. Esta variable, junto a la diferencia de 6:00 a 9:00 de la mañana, la varianza y la ratio mínimo-máximo, han sido empleadas con el objetivo de obtener una agrupación más fiel a la realidad que la extraída en la subsección 8.1.4. Las agrupaciones obtenidas están representadas en la Figura 8-12.

En comparación con la agrupación anterior, el número de las estaciones del grupo 3 ha disminuido notablemente, mientras que las del grupo 2 han aumentado. En los demás grupos los cambios no son significativos, aunque el grupo 5 presenta un ligero incremento. Esto se traduce a un descenso de las estaciones con poca actividad, lo



cual conlleva la formación de nuevas zonas atractoras y generadoras en aquellas zonas inicialmente inactivas. Sin embargo, observando las distribuciones horarias de las estaciones que presentan esta anomalía, como las de la Avenida Alcalde Luis Uruñuela, Bellavista o algunas de Los Remedios, se confirma que el movimiento de bicicletas es más bien escaso. Por ello, no es adecuada para caracterizar las estaciones de Sevici.

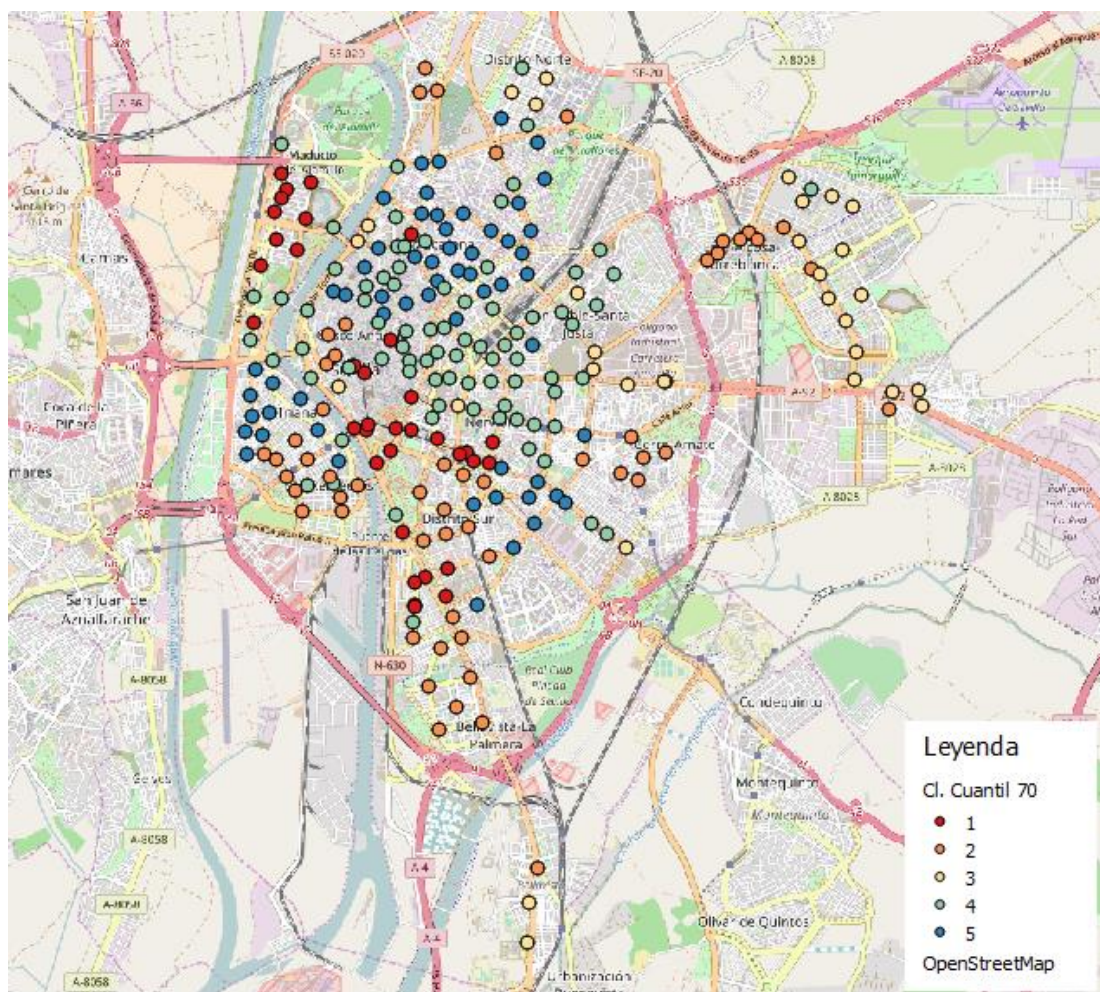


Figura 8-12. Agrupación quinta. Variables: diferencia de 6 a 9, varianza, ratio mínimo-máximo y cuantil 70.  
Fuente: Elaboración propia (QGIS)

## 8.2. Caracterización de las zonas de transporte

Tras analizar los resultados obtenidos de aplicar algoritmos de clúster, se ha llegado a la conclusión de que las estaciones de Sevici pueden agruparse en cinco conjuntos, como se observa en la Figura 8-11. Como se argumentó en la introducción de la sección 8.1, esta clasificación ha permitido caracterizar las zonas próximas a las estaciones de bicicletas, pero no las zonas de transporte.

Sin embargo, se puede obtener una caracterización de las zonas de transporte a partir de las estaciones de Sevici. El proceso seguido se basa en atribuir a cada zona la suma de las distribuciones horarias de un día laborable medio de aquellas estaciones situadas dentro de dicha zona. A continuación, aplicando técnicas de clustering basadas en la agrupación realizada en las estaciones de bicicleta, es decir, introduciendo previamente el número de rangos, se han clasificado las zonas de transporte en los cinco grupos descritos anteriormente; dicha clasificación se puede observar en la Figura 8-13.

Es lógico intuir que las zonas de transporte tendrán asociado un carácter atractor o generador en función de dicho carácter de las estaciones de Sevici que se encuentren en su interior. Por lo general, coincidirá el carácter de las estaciones de cada zona puesto que estas han sido definidas atendiendo a los usos de suelo y las características propias socioeconómicas de cada zona.

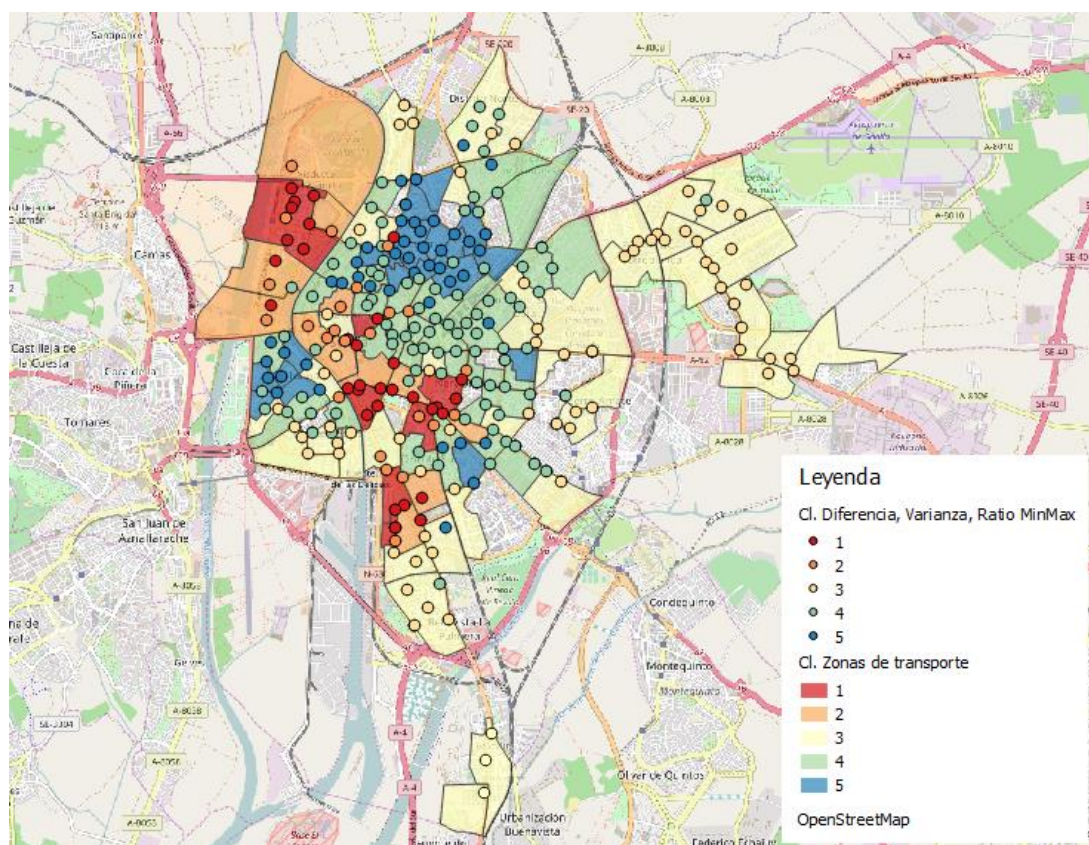


Figura 8-13. Agrupación de las zonas de transporte.  
Fuente: Elaboración propia (QGIS)





# 9 PROCESO DE ASIGNACIÓN

Mediante la asignación de los viajes en bicicleta, se puede evaluar los volúmenes de usuarios en los arcos de la red y las rutas escogidas. El objeto inicial de este documento era profundizar en la asignación de viajes en bicicleta en la ciudad de Sevilla, pero por diversos motivos explicados en las sucesivas secciones, se ha optado por un análisis primario del proceso de asignación y de los problemas detectados.

En primer lugar, se definen varios métodos de asignación, y posteriormente se justifica el método elegido. A continuación, se define la matriz de viajes empleada y ciertos inconvenientes que lleva asociada, así como la matriz de viajes propuesta inicialmente. Se continúa con el ajuste de la matriz mediante un método adecuado. Por último, se realiza la asignación de viajes, comentándose los resultados obtenidos.

## 9.1. Tipos de asignación

### 9.1.1 Método del equilibrio del usuario

En el caso del transporte motorizado, las vías por las que discurre el tráfico tienen una capacidad máxima, lo cual provoca problemas de congestión. El equilibrio del usuario es un modelo con restricciones de capacidad que utiliza funciones que relacionan el flujo con los costes de viaje sobre los arcos.

Como Wadrop anunció: “Bajo condiciones de equilibrio, el tráfico se distribuye en las redes congestionadas de modo tal que todos los recorridos utilizados entre un par OD tienen el mismo y mínimo coste mientras todos los recorridos no utilizados tienen costes más altos o iguales”, los usuarios actúan de forma egoísta, buscando minimizar sus propios costes de viaje. En el equilibrio, ningún usuario puede mejorar su tiempo de viaje cambiando de ruta.

### 9.1.2 Método de asignación “todo o nada” (“all or nothing”)

La asignación “todo o nada” (en inglés “all or nothing”), es el método de elección del recorrido y asignación más simple. Según este método, no existe congestión en la red, debido a que los usuarios eligen su ruta siguiendo los mismos criterios, a diferencia de la asignación de “equilibrio del usuario”. Por tanto, si todos perciben los costes por igual, todos los viajes entre cada origen y destino se realizarán en las mismas rutas, que resultarán ser las rutas mínimas, y ningún usuario será asignado a otro recorrido diferente.

Se ha realizado esta asignación en el modo de transporte Bicicleta debido a que la red de vías ciclistas en Sevilla no es altamente densa ni congestionada. A diferencia del tráfico rodado, el flujo en la red ciclista difiere en gran medida de su capacidad máxima, provocando así que no se produzca congestión.

## 9.2. Ajuste de la matriz OD

La matriz de viajes utilizada corresponde al 6% de la matriz de movilidad global de Sevilla (ver Ecuación ( 4 )), donde están agrupados los viajes de todos los modos de transporte. Esta matriz procede de la encuesta domiciliaria de movilidad de 2007 (MOVILIA, 2007). El 6% aplicado a la matriz se basa en el porcentaje correspondiente a la bicicleta según el reparto modal en la ciudad de Sevilla, distribuyéndose los pares OD de la misma forma que en la matriz global.

$$T_B = 0.06 \cdot T_{Global} \quad (4)$$

No obstante, esta suposición presenta deficiencias: la matriz de movilidad se obtuvo hace diez años, lo que puede significar que los datos estén obsoletos; se ha aplicado el 6% según los datos de EPOMM, por lo que este dato ha podido variar en los últimos años, y esta aproximación supone que la movilidad en bicicleta es proporcional a los viajes realizados en otros vehículos, sin tener en consideración las limitaciones que tiene este modo de transporte, además de observar anomalías en el nivel de flujo en ciertas vías de la ciudad (como Avda. Montes Sierra).

La bicicleta no presenta el mismo comportamiento que los automóviles y el transporte público. Dichas diferencias se centran principalmente en las distancias recorridas en trayectos en bicicleta, aunque se puede

hablar indistintamente del tiempo de viaje. Según los resultados obtenidos del proceso de encuestación, el mayor porcentaje de tiempos de trayecto en bicicleta oscila entre los 5 y los 20 minutos (ver Figura 3-3), no resultando factible para distancias largas. Por lo tanto, no en todos los pares origen-destino se produce el mismo reparto modal de la bicicleta respecto a otros modos de transporte.

Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, a través del proceso de encuestación se ha obtenido información acerca de los pares de origen-destino de los viajes de los usuarios. Con estos datos se puede generar una matriz de viajes, a la que se denomina matriz de la encuesta,  $T_E$ . No obstante, esta matriz no contiene la totalidad de los viajes de la red debido a las limitaciones del proceso de encuestación. Por tanto, existe una diferencia significativa entre los datos obtenidos en  $T_B$  y los observados en las encuestas. Para reducir esta diferencia se procede a realizar una expansión de la matriz de encuesta para reproducir el número de viajes totales en la red, a partir de la Ecuación ( 5 ).

$$T_{E,a} = \frac{|\sum T_B|}{|\sum T_E|} \cdot T_E \quad (5)$$

Donde  $\sum T_B$  es el sumatorio de los viajes de la matriz procedente del 6% de la global, y  $\sum T_E$  es el total de viajes observados en el proceso de encuestación. El cociente de estos dos términos es el factor de expansión aplicado a la matriz de encuestas  $T_E$ , de forma que la matriz resultante alberga el conjunto total de viajes en la red.

Sin embargo, la información captada no es precisa, puesto que en el proceso de encuestación no ha sido posible asociar con fidelidad los orígenes y destinos a sus respectivas zonas de transporte. Para concretar, son dos los principales problemas que presenta la matriz resultante de los datos de la encuesta:

- La muestra no es lo suficientemente extensa, ni representativa de toda la población de Sevilla, para componer una matriz de viajes óptima.
- Aun siendo representativa para toda la población, los datos obtenidos de las encuestas serían escasos, esto es, la matriz de movilidad de bicicleta estaría prácticamente “vacía”, puesto que no se han registrado todas las relaciones OD en el proceso de encuestación.

En este momento, se procede a realizar el ajuste de la matriz OD, a partir de la matriz  $T_B$  y de la matriz  $T_{E,a}$ , mediante una serie de restricciones.

Por ello, se ha impuesto una restricción apoyada en el histograma de viajes resultante del proceso de encuestación, donde se recogen los volúmenes porcentuales por intervalos de tiempo, como se muestra en la Figura 9-1. Este histograma también puede ser representado en función de la longitud del trayecto, si se realiza la conversión de tiempo a distancia, suponiendo que la velocidad promedio en bicicleta es de 15 km/h. Dicho histograma unitario está representado en la Figura 9-2, y es equivalente al histograma anterior.

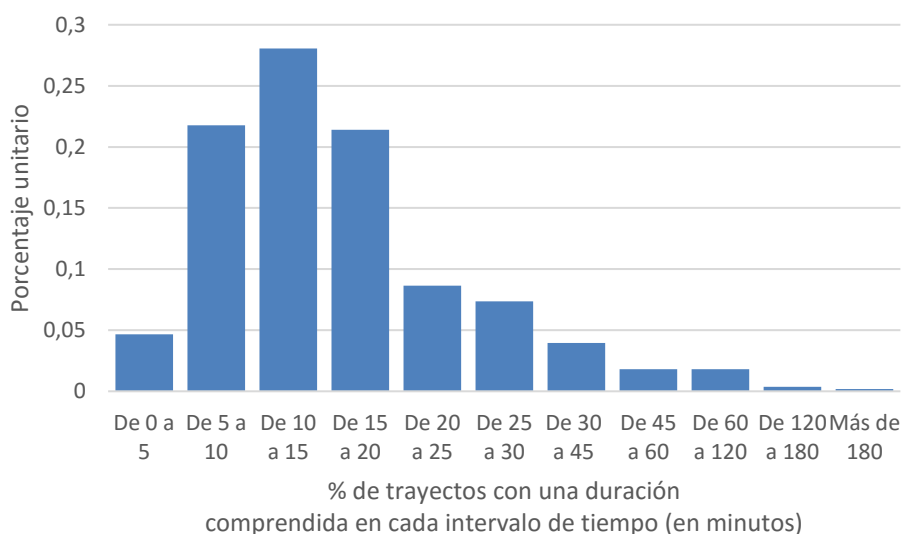


Figura 9-1. Histograma unitario de la duración del trayecto.

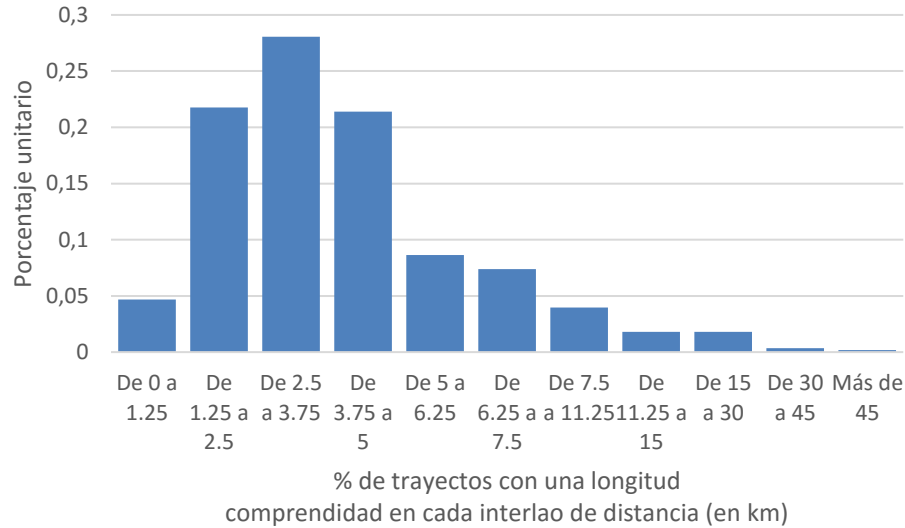


Figura 9-2. Histograma unitario de la longitud del trayecto.

Suponiendo que  $\mathbf{g}$  es la matriz OD, con los datos procedentes de la matriz  $T_B$ , es decir, los datos obtenidos a partir de la matriz de movilidad global, se define en forma de vector de demanda, y  $g_p$  sería el elemento correspondiente al par  $p$  de los orígenes-destinos existentes. Definiendo la matriz de incidencia  $\Gamma$ , que relaciona los pares OD y los arcos de la red ciclista que pertenecen a ellos, se establece  $v_a$ , que contiene el número de viajes de cada arco.

Por otro lado, se han definido los intervalos del histograma de viajes, que se agrupan en el vector  $\mathbf{B}$ . Para el intervalo  $b$  del histograma,  $P_b$  se corresponde con la proporción  $P$  del intervalo  $b$ . Estableciendo una nueva matriz de incidencia  $\Delta$ , que relaciona los pares OD con su intervalo en el histograma (cada par OD pertenece a un único intervalo), se define la siguiente restricción de la Ecuación ( 6 ).

$$\Delta \cdot \mathbf{g} = \mathbf{P} \cdot T \quad (6)$$

Donde  $\Delta$  es la matriz de incidencia que refleja los pares OD situados en cada intervalo,  $\mathbf{g}$  el vector de demanda,  $\mathbf{P}$  el vector de proporciones de cada intervalo obtenido del proceso de encuestación y  $T$  el número total de viajes.

Tras esto, el método elegido para realizar el ajuste de la matriz OD es el de Mínimos Cuadrados Generalizados, que se formula como se indica en la Ecuación ( 7 ).

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad z(\mathbf{g}) &= \frac{1}{2} (\Gamma \cdot \mathbf{g} - \bar{v}) \cdot (\Gamma \cdot \mathbf{g} - \bar{v}) \\ \text{s. a} \quad & l_p \leq g_p \leq u_p \\ & \Delta \cdot \mathbf{g} = \mathbf{P} \cdot T \end{aligned} \quad (7)$$

Se minimiza la suma de las diferencias al cuadrado entre los volúmenes obtenidos de la asignación de  $T_B$  y los volúmenes observados mediante el proceso de encuestación, sujeto a dos restricciones:

- Los viajes de cada par OD deben estar comprendidos entre un límite inferior y un límite superior.
- Se debe cumplir que los viajes de la asignación de cada intervalo  $b$  definido coincidan con las proporciones obtenidas de las encuestas del histograma de ese mismo intervalo  $b$  del total de viajes.

### 9.3. Análisis de la asignación de viajes

Una vez definida la matriz de viajes OD, que, recordando lo explicado en la sección anterior, es aquella resultante de aplicar el 6% procedente del modo Bicicleta a la matriz de movilidad global de Sevilla, se realiza la asignación

mediante el software TransCAD, empleando el método “todo o nada”, equivalente a la ruta mínima.

Como se observa en la Figura 9-3, se han calculado los volúmenes de usuarios en cada arco de la red. Cabe recordar que la distribución de los pares origen-destino es equivalente a la de la matriz global, por lo que puede no corresponderse con los volúmenes reales para el modo de transporte Bicicleta. Como ejemplo de ello, destacan los arcos que conectan Sevilla Este con el centro de la ciudad, en concreto la Avenida Alcalde Luis Urñuela y la Avenida Montes Sierra, por su nivel de flujo excesivamente elevado, como consecuencia de considerar la misma distribución que en el resto de modos de transporte.

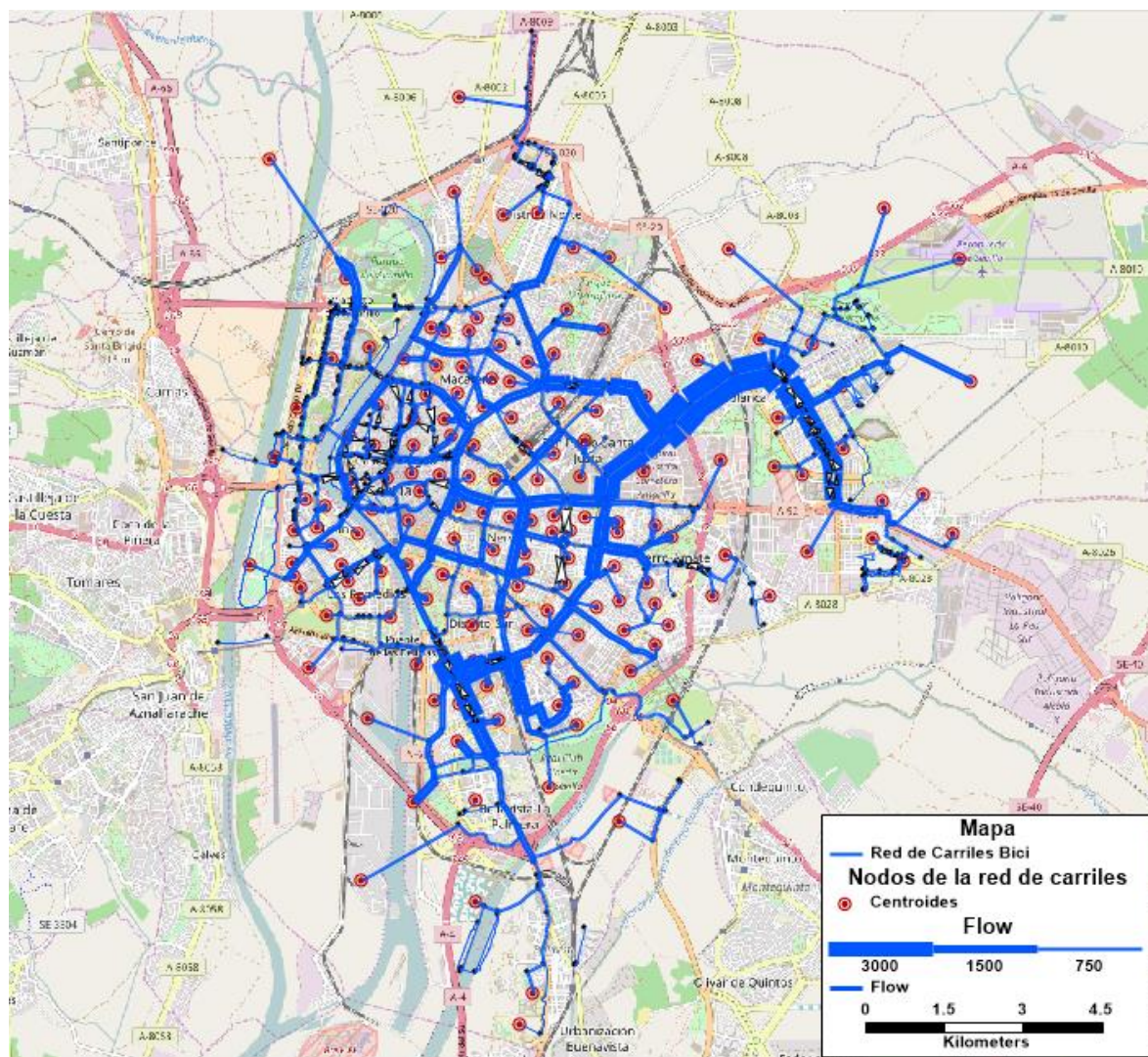


Figura 9-3. Asignación "Todo o nada".  
Fuente: Elaboración propia (TransCAD)

Además, se dispone del modelo de asignación con datos resultantes de aforos del año 2009, del *Estudio sobre el uso de la bicicleta en la ciudad de Sevilla* (Ayuntamiento de Sevilla, 2010). A partir del aforo total de bicicletas en 43 puntos de observación de la red ciclista, se obtuvo el modelo de asignación mostrado en la Figura 9-4.





Figura 9-4. Intensidad de tráfico de bicicletas según el modelo de asignación de 2009.

Fuente: Ayuntamiento de Sevilla, 2010

En el perímetro de la ronda histórica se sitúan los arcos con mayor intensidad de flujo, como la Ronda de Capuchinos y los Jardines de Murillo. Otros arcos con un gran volumen de viajes diarios son la Avenida de la Constitución y la Avenida de la Palmera. En menor medida, el siguiente rango de flujo diario comprende los arcos que comunican las zonas radiales de la ciudad con el centro, a través de la ronda histórica; entre estos arcos destacan la Avenida Carlos V, Eduardo Dato o la Pasarela de la Cartuja.

Comparando este modelo con el obtenido de la asignación del 6% de la matriz de movilidad global, se observan resultados totales dispares, tanto en la distribución del volumen de los viajes como la magnitud de dichos flujos. Por ello, el ajuste de la matriz obtenida del 6% del modo Bicicleta es realmente necesario.





# 10 CONCLUSIONES

---

A continuación, se recogen los principales resultados alcanzados de los diferentes ámbitos de estudio del trabajo.

## 10.1. Caracterización del usuario de bicicleta

El proceso de encuestación ha permitido caracterizar al usuario de bicicleta, así como el tipo de viaje que se realiza más habitualmente. Además, es necesario distinguir entre la bicicleta privada y la bicicleta de Sevici.

El tipo de usuario de bicicleta privada es un hombre de 18 a 37 años, cuya ocupación actual es “Trabajador”, mientras que, para la bicicleta de Sevici, el usuario tipo es un hombre más joven, de 18 a 27 años, cuya actividad es la de “Estudiante”. Para ambos tipos de bicicleta, la mujer tiene una menor representación en el modo de transporte.

En cuanto al tipo de viaje, más del 80% de los usuarios la emplean a diario, por lo que la bicicleta está consolidada en la ciudad de Sevilla. Atendiendo a las ocupaciones de los usuarios, los principales motivos de viaje son “Trabajo” y “Estudios”, demostrando de nuevo el carácter de movilidad obligada asociado a la bicicleta. No obstante, cabe destacar el uso de este vehículo para la actividad deportiva y de ocio.

## 10.2. Caracterización de las zonas de transporte

Tras analizar los datos de aforos de eco-contadores y la información extraída del estado de las estaciones de Sevici, se ha observado la correlación entre ambas variables. Por ello, al ser insuficientes, además de obsoletos, los datos de los eco-contadores repartidos por la ciudad de Sevilla, se ha empleado los datos obtenidos de Sevici para caracterizar las zonas de transporte en la ciudad de Sevilla.

De esta forma, utilizando técnicas de clustering, se ha conseguido distinguir cinco grupos diferentes de zonas de transporte, atendiendo a su carácter generador o atractor, además de aquellas zonas donde la bicicleta presenta escasa actividad. Las zonas generadoras se corresponden con zonas residenciales, las atractoras con áreas empresariales y campus universitarios, y en los barrios más limítrofes de la ciudad la actividad ciclista es bastante baja.


Cabe destacar la necesidad de datos de movilidad actualizados. Es imprescindible disponer de información actual y precisa acerca de los pares de origen-destino de los viajes en bicicleta en la ciudad, con el objetivo de modelar con fidelidad la movilidad en este modo de transporte, así como tomar medidas adecuadas para fomentar su uso.

## 10.3. Asignación de viajes

Las conclusiones extraídas tras realizar la asignación de viajes de bicicleta en Sevilla expresan, una vez más, que se requieren datos fiables y actualizados de la matriz de movilidad ciclista. El empleo de la matriz de movilidad global en la asignación aporta resultados de flujos que no se corresponden con la realidad, por lo que se propone como línea de investigación futura la obtención de una matriz de viajes concisa y realista.



# ANEXO A. MODELO DE ENCUESTA DE TRABAJO REALIZADO EN LA ASIGNATURA “PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE”

Estudio del Modo de Transporte Bicicleta				
Fecha:				
Hora:				
Punto encuesta:				
				
1. Datos del encuestado				
Datos personales	Edad		Actividad	
	Varón			
	Mujer			
Tipo de bicicleta	Sevici			1.Trabajador
	Otra			2.Parado
				3.Jubilado-Pensionista
				4.Estudiante
			5.Ama/o de casa	
			6.Menor	
			7.Otra:	
2. Frecuencia de uso		3. Origen / Destino		
1.Casi todos los días mañana o tarde		Origen:		
2.Casi todos los días mañana y tarde		Destino:		
3.Casi todos los días mañana		Tiempo de viaje (min):		
4.Casi todos los días tarde				
5.Algún día por semana				
6.Solo los fines de semana				
4. Motivo del viaje		5. Motivo de elección de la bicicleta		
1.Trabajo		1.Más económico		
2.Estudios		2.Menor tiempo		
3.Ocio		3.Más ecológico		
4.Médico/sanidad		4.Motivos de salud		
5.Compras		5.Facilidad de aparcamiento		
6.Personal		6.Comodidad		
7.Otro:		7.Otro:		
6.¿Realizaba este desplazamiento en otro modo de transporte?		7. ¿Qué mejoraría del modo de transporte Bicicleta?		
No		1.Ampliación de los carriles para bicicleta		
Si	1.A pie	2.Más aparcamiento		
	2.Coche conductor	3.Ampliación de las paradas(Sevici)		
	3.Coche compartido	4.Más seguridad (robos)		
	4.Motocicleta	5.Mejor mantenimiento red		
	5.Bus urbano	6. Otra:		
	6.Bus interurbano			
	7.Tren			
	8.Taxi			
8. Desde el punto de vista de la seguridad vial, problemas que detectas en el uso de la bicicleta		9. Observaciones		
1.Conflicto con vehículos motorizados				
2.Conflicto con peatones				
3.Señalización				
4.Estado conservación infraestructura				
5.Diseño, trazado				



# ANEXO B. NUEVO MODELO DE ENCUESTA

## Estudio del Modo de Transporte Bicicleta

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
Punto encuesta: \_\_\_\_\_



Origen/Destino		Datos del encuestado			
Origen:	Edad	Menos de 18	Ocupación actual	Menor	
		18-27		Estudiante	
		28-37		Trabajador	
Destino:		38-47		Ama/o de casa	
		48-57		Jubilado/Pensionista	
		58-67		Parado	
		Más de 67		Otro:	
Duración del trayecto (min):	Sexo	Hombre	Tipo de bicicleta	Sevici	
		Mujer		Propia	
				Otro:	
Frecuencia de uso		Motivo del viaje		Motivo de elección de la bicicleta	
A diario		Trabajo		1. Más económico	
Algún día por semana		Estudios		2. Menor tiempo	
Algún día por mes		Ocio		3. Más ecológico	
Casi nunca		Otro:		4. Facilidad de aparcamiento	
Solo los fines de semana				5. Comodidad	
				6. Otro:	
¿Realizaba este desplazamiento en otro modo de transporte?			¿Utiliza en el mismo trayecto otro modo de transporte además de la bicicleta?		
No			No		
Sí	A pie		Sí	Bus urbano	
	Coche conductor			Bus interurbano	
	Coche compartido			Tren	
	Motocicleta			Metro	
	Bus urbano			Metrocentro	
	Bus interurbano			Otro:	
	Tren				
	Taxi				
	Metro				
	Metrocentro				
Otro:					
¿Qué mejoraría del modo de transporte Bicicleta?			Desde el punto de vista de la seguridad vial, problemas que detecta en el uso de la bicicleta		
1. Ampliación de la red de carriles			1. Conflicto con vehículos motorizados		
2. Más aparcamiento			2. Conflicto con peatones		
3. Ampliación de las paradas/bicicletas de Sevici			3. Señalización		
4. Mejora técnica de Sevici			4. Estado conservación infraestructura		
5. Más seguridad (robos)			5. Diseño, trazado		
6. Mejor mantenimiento de la red			6. Otro:		
7. Otro:					
Observaciones					





# ANEXO C. ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES DE SEVICI

En primer lugar, es necesario indicar que la herramienta empleada de SIG para obtener las áreas de influencia de las estaciones de Sevisi ha sido QGIS.

Se ha partido de un archivo de formato vectorial de las secciones censales de Sevilla. Se presenta como una capa vectorial de polígonos, con la población que reside dentro de cada sección censal. En aquellas zonas donde no existen datos de población por Secreto Estadístico, se ha considerado que es nula.

Por otro lado, se ha creado un Diagrama de Voronoi a partir de las estaciones de Sevisi, mediante la herramienta Polígonos de Voronoi. Esta ha generado un conjunto de polígonos que cumplen con las propiedades de los Polígonos de Thiessen, comentadas en el presente documento en la sección 5.2, donde se le ha asignado a cada región las características de la estación correspondiente.

A continuación, el objetivo ha sido atribuir la población a las regiones de Voronoi, pero no se puede hacer directamente, puesto que las secciones censales pueden pertenecer a varias regiones a la vez. Para determinar qué porcentaje de población corresponde a cada región de Voronoi, y considerando que la distribución de la población en la superficie de cada sección censal es homogénea, se ha realizado una segregación de dichas secciones censales a través de la herramienta de *Unión* de QGIS, cuyo resultado se muestra en la Figura 0-1.

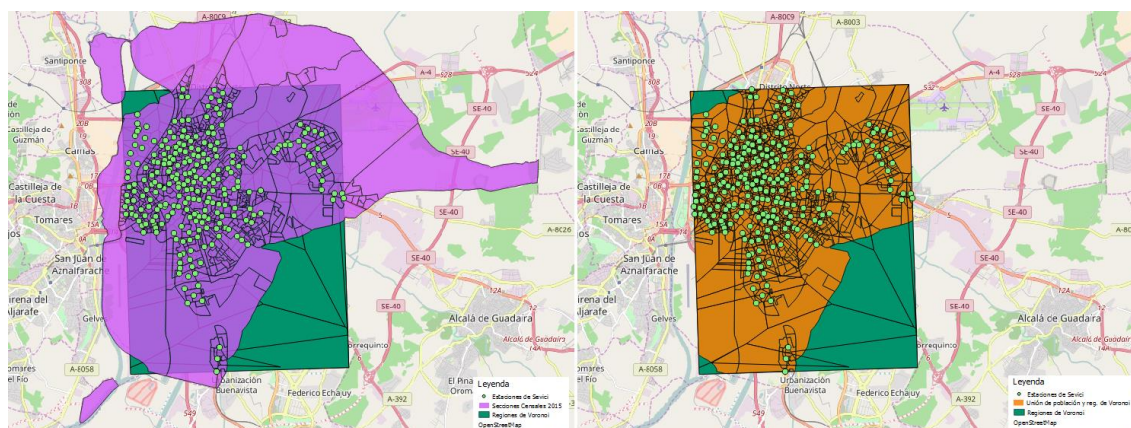


Figura 0-1. Comparación de la capa de población antes y después de unir con las regiones de Voronoi  
Fuente: Elaboración propia (QGIS)

Con la herramienta *Unir atributos por localización*, he proporcionado la información de la capa de población a las regiones de Voronoi, obteniendo así la población residente en cada polígono.



# ANEXO D. TABLA DE DIRECCIÓN DE ESTACIONES DE SEVICI

Nº est.	Dirección	Puestos
1	GLORIETA OLÍMPICA - Aprox. Concejal Alberto Jiménez-Becerril	20
2	GRAN PLAZA - Aprox. Calle Marqués de Pickman	18
3	PUERTA DE LA BARQUETA - Aprox. Puente de la Barqueta	40
4	CALLE LEONARDO DA VINCI – Aprox. C/ Thomas Alba Edison	40
5	CAMINO DE LOS DESCUBRIMIENTOS - Aprox. C/ Thomas Alba Edison	40
6	CAMINO DE LOS DESCUBRIMIENTOS - Aprox. Calle Isaac Newton	20
7	CALLE AMÉRICO VESPUCIO - Aprox. Calle de Jacques Cousteau	20
8	CALLE AMÉRICO VESPUCIO - Aprox. C/ Gregor Mendel	20
9	CAMINO DE LOS DESCUBRIMIENTOS - Aprox. C/ Albert Einstein	20
10	CALLE JOSÉ DIAZ - Aprox. Avda. Concejal Alberto Jiménez-Becerril	20
11	Avda. Alberto Jiménez Becerril - Antes Calle Maimónides	20
12	PLAZA DUQUESA DE ALBA - Puente de la Barqueta	30
13	CALLE FERIA - Aprox. C/ Resolana	15
14	AVENIDA SÁNCHEZ PIZJUÁN - Facultad de Medicina	40
15	CALLE DR MARAÑÓN - Aprox. C/ San Juan de Ribera	15
16	CALLE DE MANUEL VILLALOBOS - Aprox. C/ Sor Francisca Dorotea	20
17	CALLE DE MADRESELVA - Aprox. Ronda de Pío XII	20
18	AVENIDA EDUARDO DATO - Aprox. C/ Marqués del Nervión	20
19	PARLAMENTO - Aprox. C/ Don Fadrique	20
20	CALLE SAN JUAN DE RIBERA - Aprox. C/ Fray Isidoro de Sevilla	15
21	CALLE MANUEL VILLALOBOS - Aprox. C/ Madre San Marcelo	20
22	AVENIDA DE LLANES - Aprox. Avda. de Miraflores	20
23	PARLAMENTO - Aprox. C/ San Juan de Ribera	15

24	CALLE LEÓN XIII - Aprox. C/ Fray Isidoro de Sevilla	15
25	AVENIDA DE LA CRUZ ROJA - Aprox. C/ Albaida	20
26	AVENIDA DE MIRAFLORES - Aprox. C/ Manuel Ródenas	17
27	AVENIDA DE LLANES – Aprox. C/ Escultor Francisco Buiza	17
28	CALLE RAFAEL SALGADO - Aprox. C/ Castillo Alcalá de Guadaira	18
29	CARRETERA DE CARMONA - Aprox. Avda. de Llanes	15
30	AVENIDA EDUARDO DATO - Detrás Estadio Sánchez Pizjuán	20
31	AVENIDA DE MIRAFLORES - Aprox. C/ Albaida	13
32	CALLE MUÑOZ LEÓN - Aprox. C/ Morera	15
33	CALLE LEÓN XIII - Aprox. C/ Antonio Pantión	15
34	PLAZA PUMAREJO - Aprox. Calle San Luis	15
35	ALAMEDA DE HERCULES - Aprox. Calle Peris Mencheta	20
36	CALLE SAN VICENTE - Aprox. C/ Guadalquivir	20
37	ALAMEDA DE HÉRCULES - Aprox. C/ Vulcano	20
38	CALLE DE INCA GARCILASO - Aprox. C/ Juan Antonio de Vizarrón	40
39	PLAZA SAN ANTONIO DE PADUA - Aprox. C/ Marqués de la Mina	20
40	AVENIDA REINA MERCEDES - Aprox. Glorieta Alcalde de Parias Merry	30
41	PLAZA CALDERÓN DE LA BARCA - Aprox. C/ Amargura	15
42	PLAZA CRONISTA - Aprox. C/ Divina Pastora	15
43	RONDA CAPUCHINOS - Aprox. C/ Maestro Quiroga	15
44	RONDA CAPUCHINOS - Aprox. C/ Corinto	15
45	CARRETERA DE CARMONA - Aprox. C/ de Francisco de Ariño	15
46	PLAZA DEL PELÍCANO - Aprox. C/ Enladrilladas	16
47	CALLE HINIESTA - Aprox. Convento Santa Isabel	15
48	CALLE CHURRUCA - Aprox. C/ Gonzáles Cuadrado	15
49	ALAMEDA DE HÉRCULES - Aprox. C/ Amor de Dios	20
50	CALLE HERNÁN CORTÉS - Aprox. C/ Eslava	17
51	AVENIDA TORNEO - Aprox. C/ Luis Rey Romero	20

52	CALLE INCA GARCILASO - Aprox. C/ Jerónimo de Aguilar	40
53	CALLE REYES CATÓLICOS - Aprox. C/ Gravina	17
54	PLAZA SAN JUAN DE LA PALMA - Aprox. iglesia	15
55	CALLE DE MARIA AUXILIADORA - Aprox. C/ Gonzalo de Bilbao	15
56	PLAZA JERÓNIMO DE CÓRDOBA- Aprox. C/ Escuelas Pías	20
57	PLAZA CRISTO DE BURGOS - Pza. de San Pedro	15
58	CALLE REGINA - Aprox. Pza. de la Encarnación	19
59	AVENIDA DE LA PALMERA - Aprox. Avenida del Líbano	18
60	PLAZA DE LA CONCORDIA - Aprox. C/ Teniente Borges	19
61	PLAZA DEL MUSEO - Aprox. C/ Alfonso XII	20
62	PLAZA DE ARMAS – Avda. Torneo (estación de autobuses)	39
63	CALLE SAN PABLO - Aprox. C/ Bailén	20
64	CALLE CUESTA DE ROSARIO – Pza. de la Pescadería	15
65	CALLE ALHÓNDIGA - Aprox. Card. Cervantes	14
66	CALLE ARROYO - Aprox. Avda. José Laguillo	20
67	CALLE LEONARDO DA VINCI - Aprox. C/ Albert Einstein	20
68	CALLE JUAN ANTONIO CAVESTANY - Aprox. Calle Júpiter	15
69	CALLE JOSÉ LAGUILLO - Aprox. Pablo Iglesias	20
70	ESTACIÓN RENFE SANTA JUSTA	40
71	AVENIDA KANSAS CITY - Aprox. Hotel Occidental	18
72	CALLE AMADOR DE LOS RÍOS - Aprox. C/ Lope de Vega	20
73	PLAZA SAN AGUSTÍN - Aprox. C/ Concepción	15
74	PLAZA PILATOS - Aprox. C/ San Esteban	15
75	PLAZA SAN FRANCISCO – Aprox. C/ Hernando Colón	20
76	PLAZA NUEVA - Aprox. C/ Jaén	40
77	PLAZA CHAPINA - Aprox. Hotel Abba Triana	20
78	CALLE ALFARERÍA - Aprox. Ronda de Triana	20
79	PLAZA DE LAS MERCEDARIAS - Aprox. C/ Ibarra	10



80	CALLE LUIS MONTOTO - Aprox. C/ Alberto Duero	20
81	CALLE LUIS MONTOTO - Aprox. C/ Benitos Mas y Prat	15
82	CALLE LUIS MONTOTO - Aprox. C/ Maese Farfán	17
83	AVENIDA LA BUHAIRA - Aprox. Avda. Luis Montoto	20
84	CALLE JOSÉ MARÍA MORENO GALVÁN - Aprox. C/ Juan Antonio Cavestany	20
85	PASEO CATALINA RIBERA - Frente a la Diputación Provincial	20
86	CAMINO DE LOS DESCUBRIMIENTOS - Aprox. Pasarela de la Cartuja	40
87	PLAZA NUEVA - Aprox. C/ Tetuán	40
88	CALLE AMERICO VESPUCIO - Aprox. C/ Hermanos d'Eluyar	20
89	CALLE ADRIANO - Aprox. C/ Antonia Díaz	18
90	CALLE ROMA - Aprox. C/ Palos de la Frontera	20
91	CALLE PROCURADOR - Clara de Jesús Montero	20
92	RONDA DE TRIANA - Aprox. C/ de Manuel Arellano	20
93	RONDA DE TRIANA - Aprox. C/ San Vicente de Paul	15
94	PLAZA DEL ZURRAQUE - Aprox. C/ Doc. Jerónimo Pou	18
95	CALLE AMÉRICO VESPUCIO - Aprox. C/ Juan Bautista Muñoz	20
96	CALLE BETIS - Aprox. C/ Juan de Lugo	19
97	PASEO DE CRISTÓBAL COLÓN - Aprox. Torre del Oro	20
98	AVENIDA DE ROMA - Puerta de Jerez	30
99	CALLE AMÉRICO VESPUCIO - Aprox. Gerencia de Urbanismo de Sevilla	40
100	PASEO CATALINA RIBERA - Aprox. C/ San Fernando	20
101	PRADO DE SAN SEBASTIÁN - Estación de autobuses	40
102	CALLE JUAN DE MATA CARRIAZO - Aprox. antigua estación San Bernardo	20
103	AVENIDA EDUARDO DATO - Aprox. C/ San Bernardo	20
104	AVENIDA EDUARDO DATO - Aprox. C/ Fuenteovejuna	20
105	CALLE FRANCISCO MURILLO - Aprox. C/ Manuel Siurot	19
106	AVENIDA EDUARDO DATO - Aprox. C/ Oscar Carvallo	15
107	CALLE LUIS MORALES - Aprox. Nervión Plaza	30

108	AVENIDA EDUARDO DATO - Aprox. Avda. de San Francisco Javier	15
109	AVENIDA SAN FRANCISCO JAVIER - Aprox. C/ Camilo José Cela	15
110	Ciudad de Ronda - Aprox. Avda. Carlos V	20
111	PZA FARMACÉUTICO MURILLO HERRERA - Aprox. C/ Pajes de Corro	20
112	AVDA ESPERANZA DE TRIANA - Aprox. Plaza Amadeo Jannone	20
113	PLAZA SAN MARTÍN DE PORRES - Aprox. Avda. Alvar Núñez	15
114	GLORIETA PLUS ULTRA - Aprox. Estadio Manuel Ruiz de Lopera	30
115	CALLE LOPEZ DE GOMARA - En frente Instituto Adolfo Bécquer	20
116	CALLE MANUEL SIUROT - Aprox. Hospital Universitario Virgen del Rocío	20
117	AVDA ESPERANZA DE TRIANA - Aprox. Avda. República Argentina	14
118	PLAZA DE CUBA - Aprox. Puente de San Telmo	20
119	AVENIDA DE CHILE - Aprox. Costurero de la Reina	20
120	GLORIETA SAN DIEGO - Aprox. C/ Palos de la Frontera	15
121	CALLE DOCTOR PEDRO DE CASTRO - Aprox. C/ Doc. Gabriel Sánchez	15
122	CALLE ENRAMADILLA - Aprox. C/ Balbino Marrón	20
123	ESTADIO OLIMPICO	20
124	CALLE ENRAMADILLA - Aprox. C/ Barrau	20
125	AVENIDA SAN FRANCISCO JAVIER - Aprox. Avda. De Ramón y Cajal	15
126	AVENIDA REINA MERCEDES - Aprox. Facultad de Informática	25
127	CALLE VIRGEN DE LA VICTORIA - Aprox. C/ Asunción	15
128	Virgen de Loreto - Aprox. C/ Arcos	18
129	CALLE VIRGEN DE LUJÁN - Aprox. Virgen de la Victoria	20
130	GLORIETA REPÚBLICA DOMINICANA - Aprox. C/ López de Gomara	20
131	CALLE TABLADILLA - Aprox. C/ Cardenal Ilundain	20
132	CALLE PÁEZ DE RIVERA - Aprox. Paseo de la Palmera	20
133	AVENIDA SANTA FE - Aprox. C/ Virgen de la Oliva	20
134	CALLE VIRGEN DE LUJÁN - Aprox. C/ Asunción	24
135	CALLE VIRGEN DE LUJÁN - Aprox. Glorieta las Cigarreras	17

136	CALLE ASUNCIÓN - Aprox. C/ Virgen de la Antigua	20
137	AVENIDA DE LA BORBOLLA - Aprox. C/ Porvenir	20
138	CALLE RAMÓN CARANDE - Aprox. C/ San Salvador	20
139	AVENIDA DIEGO MARTÍNEZ BARRIO - Aprox. Avda. Gral. García de la Herranz	15
140	140 NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	16
141	CALLE FELIPE II - Aprox. C/ Ramón Carande	20
142	CALLE RAMON DE CARRANZA - Aprox. C/ Asunción	18
143	CALLE RAMON DE CARRANZA - Aprox. C/ Virgen de la Oliva	18
144	AVENIDA DE LA PALMERA - Aprox. Clínica de Fátima	20
145	AVENIDA REINA MERCEDES - Aprox. C/ Profesor García González	20
146	AVENIDA REINA MERCEDES - Aprox. C/ Profesor García González	20
147	CARRETERA DE CARMONA - Aprox. C/ Maestro Solano	15
148	CALLE THARSIS - Aprox. C/ Aorno	20
149	CALLE ARROYO - Aprox. C/ Tena	20
150	CALLE SAN JUAN BOSCO - Aprox. C/ Arroyo	20
151	CALLE URQUIZA - Aprox. C/ Venecia	20
152	CALLE SAMANIEGO - Aprox. C/ Esperanza de la Trinidad	20
153	AVENIDA REINA MERCEDES - Aprox. Escuela de arquitectura	27
154	AVENIDA KANSAS CITY - Aprox. C/ Naranjito de Triana	20
155	AVENIDA KANSAS CITY - Aprox. Avda. El Greco	20
156	AVENIDA KANSAS CITY - Aprox. C/ Baltasar Gracián	20
157	AVENIDA CARDENAL BUENO MONREAL - Aprox. Avda. Ramón Carande	20
158	AVENIDA CARDENAL BUENO MONREAL - Aprox. C/ Bogotá	20
159	AVENIDA CARDENAL BUENO MONREAL - Aprox. Avda. Manuel Siurot	20
160	PASEO CRISTÓBAL COLÓN - Aprox. Puente de Triana	20
161	AVENIDA ALCALDE MANUEL DEL VALLE - Aprox. C/ Baltasar de Alcázar	20
162	AVENIDA SOLEÁ - Aprox. C/ Media Granaína	18
163	CALLE SINAÍ - Aprox. C/ Baltazar Gracián	14

164	CALLE LUIS MONTOTO - Aprox. C/ El Greco	19
165	AVENIDA DE ANDALUCÍA - Aprox. Centro Comercial Los Arcos	20
166	RONDA DEL TAMARGUILLO - Aprox. Centro Comercial Los Arcos	13
167	GLORIETA BIZCO AMATE - Aprox. Avda. Ramón y Cajal	20
168	AVENIDA RAMÓN Y CAJAL - Aprox. Avda. de la Ciudad Jardín	18
169	AVENIDA RAMÓN Y CAJAL - Aprox. C/ Villegas Marmolejo	20
170	PLAZA ANTONIO APARICIO HERRERO - Aprox. C/ San Juan de Dios	18
171	CALLE ALFONSO LASO DE LA VEGA - Aprox. Párroco Antonio González	19
172	RONDA TAMARGUILLO - Aprox. Alfonso Laso de la Vega	20
173	RONDA TAMARGUILLO - Aprox. Avda. de la Paz	20
174	RONDA TAMARGUILLO - Aprox. Marqués de Pickman	20
175	RONDA TAMARGUILLO - Plaza Ruperto Chapí	20
176	AVENIDA DE LA CIUDAD JARDÍN - Aprox. C/ Profesor Braña	20
177	AVENIDA ALCALDE JUAN FERNÁNDEZ - Aprox. C/ Profesor Buenaventura Pinillos	17
178	CALLE JOSÉ SARAMAGO - Aprox. Avda. del Alcalde Juan Fernández	20
179	RONDA URBANA NORTE - Aprox. C/ de Rimas	20
180	CALLE DOCTOR JAIME MARCOS - Aprox. Avda. Doc. Fedriani	20
181	RONDA URBANA NORTE - Aprox. C/ Doctor Fedriani	20
182	CALLE VICTORIA KENT - Aprox. Avda. Alcalde Manuel del Valle	15
183	ALCALDE MANUEL DEL VALLE - Aprox. C/ Pino Montano	15
184	AVENIDA ALCALDE MANUEL DEL VALLE - Aprox. C/ San Juan de la Salle	20
185	AVENIDA ALCALDE MANUEL DEL VALLE - Aprox. C/ Alejandro Sawa	20
186	CALLE ORFEBRE DOMINGUEZ VÁZQUEZ - Aprox. C/ Pino Montano	20
187	CALLE DOCTOR LAFFON - Aprox. C/ Éfeso	20
188	AVENIDA HYTASA - Aprox. C/ Romeral	20
189	AVENIDA HYTASA - Aprox. Nuestra Señora de los Dolores	20
190	AVENIDA HYTASA - Aprox. C/ Herramienta	15

191	GLORIETA CARLOS CANO - Aprox. C/ Blas Infante	20
192	AVENIDA DE ALVAR NUÑEZ - Aprox. C/ Collante	19
193	AVENIDA DE CORIA - Aprox. C/ Coruña	20
194	CALLE PARQUE DE DOÑANA - Aprox. Calle Corral de los Olmos	20
195	CALLE CORRAL DEL AGUA - Aprox. Camino de los Toros	20
196	CALLE ESTRELLA CANOPUS - Aprox. C/ Estrella Betelgeuse	20
197	CALLE AGRICULTORES - Aprox. C/ Estrella Betelgeuse	20
198	CALLE MAR DE ALBORÁN - Aprox. C/ Camino de los Toros	20
199	MAR DE ALBORÁN - Aprox. Corral de los Olmos	20
200	CAMINO DE LOS TOROS - Aprox. C/ Mediterráneo	20
201	CALLE PINO MONTANO - Aprox. C/ Estafeta	20
202	AVENIDA MUJER TRABAJADORA - Aprox. Avda. Miraflores	20
203	CALLE TESALÓNICA - Calle Mazzantini	20
204	CALLE DOCTOR LAFFON - Aprox. C/ Tesalónica	15
205	AVENIDA KANSAS CITY - Aprox. Pza. el Tato	20
206	AVENIDA KANSAS CITY - Aprox. C/ Macedonia	15
207	CALLE IFNI - Aprox. Avda. de Holanda	20
208	AAVENIDA DE GRECIA - Aprox. Avda. de Italia	15
209	AVENIDA ALEMANIA - Aprox. Glorieta Chequia	15
210	PASEO DE EUROPA - Aprox. Avda. de Francia	15
211	AVENIDA DE ALEMANIA - Aprox. Glorieta de Letonia	15
212	AVENIDA REINO UNIDO - Aprox. Avda. de Italia	15
213	AVENIDA DE ANDALUCÍA - Aprox. Cochera de TUSAM	20
214	AVENIDA DE ANDALUCÍA - Aprox. Entrada TUSAM	20
215	CALLE ZORZAL - Aprox. Avenida de Andalucía	15
216	CALLE ANTIOQUÍA - Aprox. Avda. de Pedro Romero	15
217	CALLE DE LA ADA - Aprox. C/ Jerusalén	15
218	PLAZA DEL ALTOZANO - Aprox. C/ San Jorge	14

219	CALLE DE LA ADA - Aprox. C/ de Tesalónica	15
220	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. Centro Comercial Zona Este	30
221	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. Hotel Sevilla Congresos	15
222	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. Palacio de los Congresos	16
223	CALLE GEMA - Aprox. Avda. de las Ciencias	15
224	AVENIDA DE LAS CIENCIAS - Aprox. C/ de Ulises	15
225	CALLE FLOR DE RETAMA - Aprox. Centro Deportivo Entreflores	15
226	AVENIDA DOCTOR EMILIO LEMOS - Aprox. C/ de Birmania	15
227	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. C/ Carlinga	12
228	AVENIDA DE LAS CIENCIAS - Aprox. C/ Flor de Salvia	15
229	AVENIDA AERONAUTICA - Aprox. Avda. del Deporte	15
230	AVENIDA DE LAS CIENCIAS - Aprox. Avda. de la Republica China	14
231	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. Paseo Miguel de Unamuno	15
232	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. Pza. de la Acogida	15
233	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. Estación de RENFE	15
234	CALLE MÉDICOS SIN FRONTERA - Aprox. Avda. de las Ciencias	14
235	CIUDAD DE CHIVA - Aprox. C/ ciudad de Alfafar	15
236	CIUDAD DE CHIVA - Aprox. C/ ciudad de Liria	15
237	CIUDAD DE CHIVA - Aprox. C/ Ildefonso Marañón	15
238	CIUDAD DE CHIVA - Aprox. Pza. del Árbol Rey	15
239	CALLE CIUDAD DE LIRIA - Aprox. Avda. de Fernando	15
240	AVENIDA ALCALDE LUIS URUÑUELA - Aprox. Cueva de la Pileta	15
241	PLAZA NUEVA - Aprox. C/ Méndez Núñez	20
242	PLAZA NUEVA - Aprox. C/ Méndez Núñez	20
243	GLORIETA DEL PRIMERO DE MAYO - Aprox. C/ Carlos Marx	15
244	AVENIDA LOS GAVILANES - Aprox. Avda. Juan XXIII	15
245	Aprox. Avda. Los Gavilanes	15
246	PUERTO DE LOS AZORES - Aprox. C/ Paulo Orosio	15

247	Esquina con C/Enramadilla	30
248	GLORIETA DE LOS FERROVIARIOS - Aprox. C/ Navarra	15
249	CALLE NAVARRA - Aprox. C/ Cataluña	15
250	CALLE DE SALVADOR ALLENDE - Aprox. C/ de Marruecos	15
251	Esquina con Alejandro Collantes	15
252	CALLE GASPAR CALDERAS - Esquina con Carretera Bellavista	25
253	HOPITAL VALME - Esquina Carretera Bellavista	30
254	ALHAMBRA - Esquina Carretera Bellavista	30
255	Esquina rotonda Torreblanca	30
256	Esquina Calle Pero Mingo	29
257	Esquina Corazón de María	20
258	Esquina Calle Creus	17
259	Esquina Calle Águila Perdicera	30
260	Aproximado Parque Amate	20



# REFERENCIAS

---

- [1] Ayuntamiento de Sevilla: Encuesta Demanda de Movilidad, 2007.
- [2] Universidad de Sevilla: Análisis sobre la movilidad ciclista en Sevilla. Sistema Integral de la Bicicleta de la Universidad de Sevilla, 2015.
- [3] Universidad de Sevilla: Investigación sobre el uso de la bicicleta en la ciudad de Sevilla. Sistema Integral de la Bicicleta de la Universidad de Sevilla, 2011 (revisado en 2015).
- [4] Universidad de Sevilla: Evaluación del uso de la bicicleta en la ciudad de Sevilla. Sistema Integral de la Bicicleta de la Universidad de Sevilla, 2013.
- [5] Javier Fernández: Evaluación de la accesibilidad al transporte público en Sevilla mediante simulaciones macroscópicas. Universidad de Sevilla, 2016.
- [6] Carlos Rodríguez: Desarrollo de un modelo de la red de transporte privado en la ciudad de Sevilla. Comparativa de asignaciones de tráfico, 2016.
- [7] Universidad de Sevilla: Estudio de la bicicleta como modo de transporte en la ciudad de Sevilla. Planificación de Transportes, 2017.
- [8] Junta de Andalucía: Plan Andaluz de la Bicicleta 2014-2020. Consejería de Fomento y Vivienda, 2014.
- [9] Luis M. Romero: Apuntes de asignatura "Planificación del Transporte. Universidad de Sevilla, 2015.
- [10] Gerencia de Urbanismo: Tipología de las vías ciclistas a junio de 2013. Ayuntamiento de Sevilla, 2017.
- [11] Consejería de Fomento y Vivienda: Recomendaciones de Diseño para las vías ciclistas en Andalucía. Junta de Andalucía, 2013.
- [12] Gerencia de Urbanismo: Eco-contadores de la red de vías ciclistas. Ayuntamiento de Sevilla, 2013.
- [13] Gerencia de Urbanismo: Eco-contadores de la red de vías ciclistas en primer semestre de 2013. Ayuntamiento de Sevilla, 2013.
- [14] Gerencia de Urbanismo: Estaciones del Servicio Público de Bicicletas Sevici en 2013. Ayuntamiento de Sevilla, 2013.
- [15] Hong Q. Lu: Intro to TransCAD GIS. Model Research and Development Unit Transportation Planning Branch, 2002.
- [16] Juan D. Ortúzar, Luis G. Willumsen: Modelos de Transporte, 3rd ed. Universidad de Cantabria, 2008.

